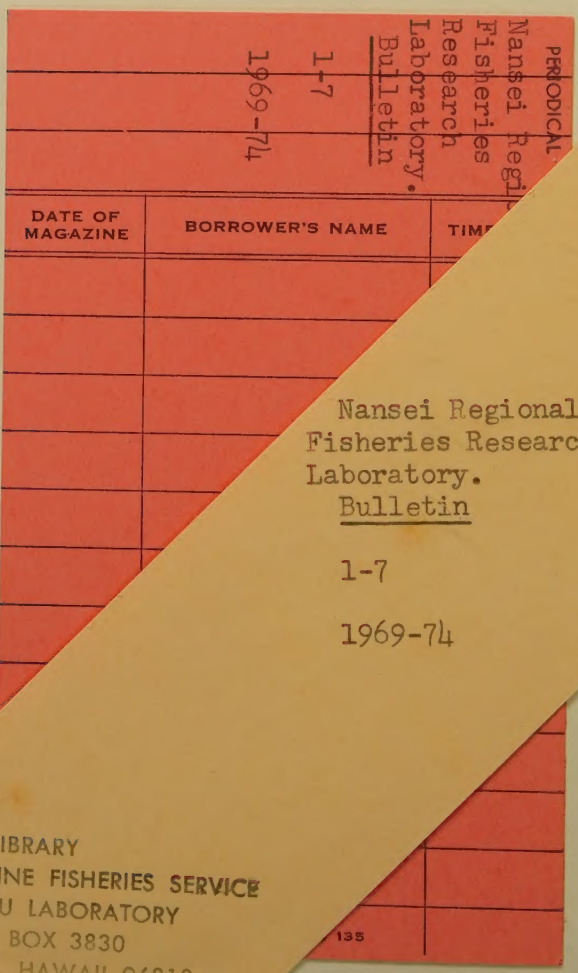
LIBRARY
NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE
HONOLULU LABORATORY
P. O. BOX 3830
HONOLULU, HAWAII 96812



Nansei Regional
Fisheries Research
Laboratory.
Bulletin

1-7

1969-74

LIBRARY
ATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE
HONOLULU LABORATORY
P. O. BOX 3830
HONOLULU, HAWAII 96812

LIBRARY
NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE
HONOLULU LABORATORY
P. O. BOX 3830
HONOLULU, HAWAII 96812

目　　次

4792 75

川合英夫・坂本久雄・百田方子
黒潮表層水の収束発散に関する研究—I
海面における収束発散の実測とその解釈……1

村上彰男
河口沿岸海域の微細海況……15

藤谷　超・塚原宏子
養魚餌料の研究—第Ⅷ報　飢餓魚に現われた症状……63

藤谷　超・梅津武司・杉中芳衛
養魚餌料の研究—第Ⅸ報　配合餌料への消化酵素の添加効果……71

矢野　実・井上　明・国行一正・高森茂樹・仁科重己
瀬戸内海備後灘におけるマダイ幼魚期の分布と生長……75

水戸　敏・鵜川正雄・樋口正毅
イシガレイの卵発生，ふ化仔魚の飼育および陸上池内における産卵……87

黒潮表層水の収束発散に関する研究—I*

——海面における収束発散の実測とその解釈——

川合　英夫・坂本　久雄・百田　方子

A STUDY ON CONVERGENCE AND DIVERGENCE IN SURFACE LAYER OF THE KUROSHIO - I

DIRECT MEASUREMENT AND INTERPRETATION OF CONVERGENCE AND DIVERGENCE AT THE SURFACE

Hideo Kawai, Hisao Sakamoto and Masako Momota

The horizontal convergence or divergence of sea water is one of the important factors governing the distribution of floating matters such as fish eggs, juveniles, drifting seaweeds, minute living foods for fish and various contaminations. The measurements are, however, very difficult with such current meters as GEK, owing to indefiniteness of position of the fix, limit of accuracy in the current velocity and difference in time between adjacent fixes. On use of the current drogue with a radar target and a big wooden cross as shown in Fig. 1, we succeeded in direct measurement of the horizontal convergence or divergence in the Kuroshio south of Shikoku in August 1967 on board the *Shun' yo Maru*. At the begenning of the measurement, four drogues were released at four apexes of a square with sides a quarter of a mile long (Fig. 2). Analyzing photographs of blips of the drogues taken every two hours from early morning to sunset, the area S of the quadrilateral ABCD were calculated based on eq. (2). The horizontal divergence Q were calculated from the time change in S based on eq. (1).

When wind force is below 2 in the Beaufort scale, noise of reflection from wind waves around the ship is limited within a small area on the radarscope (Fig. 3a). When wind force exceeds 3 in the scale, the wind wave noise on the scope expands to some extent (Fig. 3b). The shape of the noise is not circular but oval as shown in Fig. 4. The best position of the ship to separate the blip of drogues from the noise is at a location 1/2 to 1 mile leeward from the drogues. When wind force exceeds 4 in the scale, the range of the noise becomes quite large, and this kind of measurement encounters an insuperable obstacle partly because of the increase in drifting speed of the drogues by the wind.

The actual measurements were made three times, each of them starting on a traverse of the Kuroshio SSE of Cape Ashizuri, Shikoku. The hydrographic conditions before and during the measurements are shown in Figs. 5–9. The drogues were released at three points 5 miles offshore from the current maximum on August 24th, 2 or 3 miles inshore from the maximum on 25th and 5 miles inshore from the maximum on 26th (Fig. 10). The results are shown in Figs. 11–13. There is

* 南西海区水産研究所業績　第2号。本研究の一部は日本海洋学会春季大会（1968年4月）で発表した。

strong horizontal convergence along the streamline 2 or 3 miles inshore from the current maximum. On either side of the current maximum, 5 miles offshore or inshore, there is strong divergence. The order of the magnitude amounts to 10^{-4} sec^{-1} (Fig. 13). If the horizontal divergence or convergence of this magnitude would be vertically uniform within the surface mixed layer, the layer would change in thickness by an unreal rate as shown in Table 1 calculated based on eq. (3). Accordingly, the assumption of uniform divergence or convergence should be given away. The actual feature might be in such ways that the divergence or convergence in the upper layer of the surface mixed layer be mostly compensated by the convergence or divergence in the lower layer, and that there be two systems of helical motion facing each other, forming a convergent zone located a few miles inshore from the current maximum (Fig. 14).

魚類の卵稚仔は黒潮によって運搬され，その漂流結果は水産資源の再生産に，大きな影響を及ぼすと言われている。しかしながら，その運搬機構は仲々複雑なものである。黒潮自体の流れ方の内で，合流分流や収束発散などの様子は，海面付近とそれより数十m下方の次層とでは，かなり変化しているらしい。また卵稚仔自体は浮遊適応などにより，上述したような黒潮の上下の流動差に応じて，適当な環境の所へ移行することも考えられる。

海洋浮遊物としては，このような卵稚仔のほかに，流れ藻，餌料生物，廃棄汚染物などがあり，これらの漂流拡散に対しては，黒潮表層水の収束発散が大きな役割を演じている。したがって，この研究は，沿岸重要資源の再生産と利用度，および海洋汚染など，すこぶる広範囲の分野に関連する訳である。また海水の収束発散は，湧昇沈降流と関連していることから，この研究は黒潮を斜めに横切るような，海水のらせん状運動の力学的解明にも，有力な手がかりを与えるものと考えられる。

黒潮の収束発散にあずかる流動は，黒潮の一般流に比べれば微弱なものであるから，ＧＥＫなどの流速計では，一般に測定困難な現象であり，これについては今まで推測の域を出なかった。1966年夏に東海区水研海洋部が主体となって実施した，漂流物体の拡散実験に参加した折の経験により，数個の海流板を同時に追跡し，それらの相対位置の時間的変化を解析する方法が，この種の流動を測定するのに有効であるという見通しがたてられた。

しかしながら，海流板群の相対位置を，かなりの精度をもって測定するためには，特別の工夫を要する。本研究においては，レーダーターゲット付き海流板を設計し，そのレーダー映像の記録写真を取る方法を採用したが，きわめて効果的であったので，ここにその取りまとめの結果を報告する。

なお予備試験や本観測に当っては，いろいろと御尽力を頂いた俊鷹丸前船長黒肘善雄氏，および現船長角田精一氏を初めとする新旧乗組員の方々に対し，心からお礼を申し上げる。また，本観測の際に調査員として乗り組まれた，東海大学海洋学部学生土屋豊君と金古和夫君に対し，厚くお礼を申し上げる。

本研究は，科学技術庁特別調整費による，黒潮共同調査に関する綜合研究の一環として実施されたものであり，お世話になった関係各位に対して，厚くお礼を申し上げる。なお，本稿を御校閲の上，有益な御助言を賜わった海洋部長杉本仁弥氏に厚くお礼を申し上げる。

用　い　た　器　材

A．レーダーターゲット付海流板

Fig. 1に示したような海流板を設計し使用した。風による漂流効果をできる限り減少させるために，海面上に現われる容量をなるべく小さくすると共に，海面下の十字型抵抗板を著しく大きくした。

また海流板に付したレーダーターゲットの風圧を減少させるために，海面上の高さを約３ｍと低くし，その大きさもなるべく小に留めた。その構造は，対角線の長さ90cmの正八面体の中心と相隣る２頂点を結んで

できる直角二等辺三角形を，すべて金網（細目針金の4分目亀の甲網）で張ったものである。

B．レ　ー　ダ　ー

神戸工業株式会社製作MD—311型のレーダーを用いた。レーダースコープの直径は10インチ（約25cm），スキャナーの海面上の高さは9mである。輝度(intensity)を最大に，感度（gain）を8にし方位目盛照明を点灯の状態で測定を行なった。

C．レーダー接写装置

神戸工業株式会社製作のものを使用した。撮影番号，日付，時刻などの記入カードとレーダースコープとを同時に接写することが可能なものである。カメラは，アサヒペンタックスに広角レンズ（スーパータクマー1：3.5/28）を付したものを用いた。ASA400(超微粒子現像）のフィルムを使用した。なお，しぼりを5.6（レーダースコープのレインジが4海里以内の場合は変える必要はない），露出時間を4.5秒とした。これは，レーダーの1スウィープには，4秒間を要するからである。

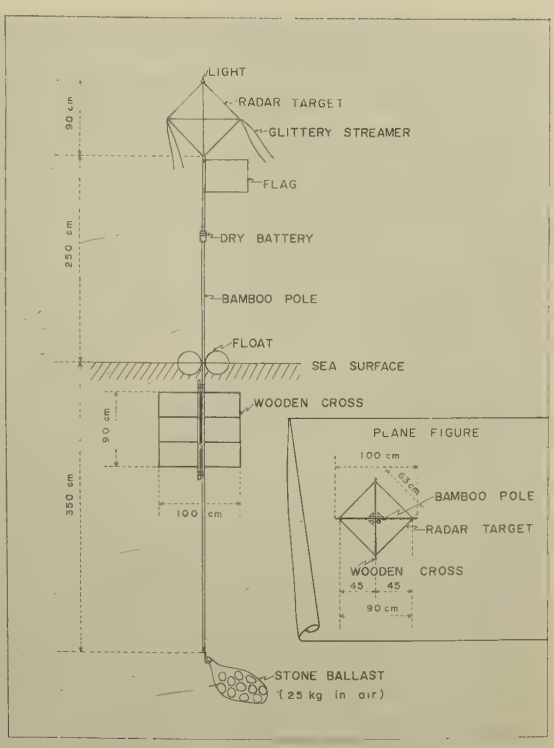


Fig. 1. Current drogue system.

海面反射とその対策

Fig. 2に示したように，4個の海流板A，B，C，Dを，¼海里を1辺とする正方形の各頂点に初めに配置し，調査船上でそのレーダー映像を2時間ごとに接写し，写真記録上の海流板群の相対位置の変化を測定した。

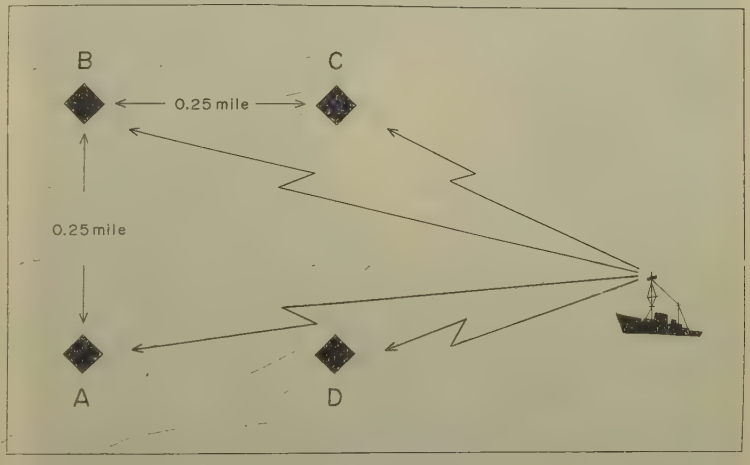


Fig. 2. Disposition of four current drogues at the beginning of the measurement.

レーダースコープ上には海流板の映像のほかに，船の周りの風浪のために，海面から反射された電波による輝閃域を生ずる。これは海面反射と呼ばれる。予備試験および本観測の経験を総合した結果，海面反射の状態とその対策について，以下に述べるような知識が得られた。

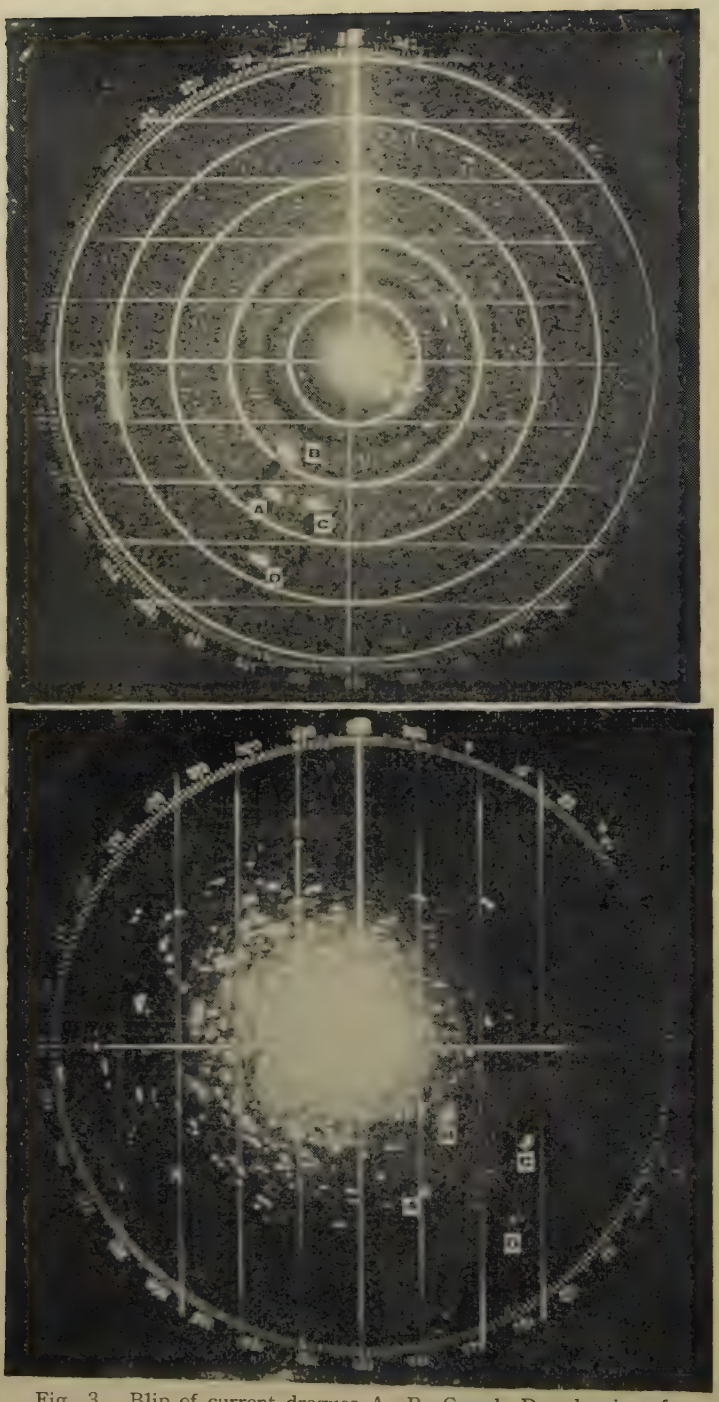


Fig. 3. Blip of current drogues A, B, C and D and noise of reflection from wind wave around the ship.
(a) 12h 15m, August 25, wind force 2 (*Upper*).
(b) 06h 15m, August 24, wind force 3 (*Lower*).

A. 風力2以下の場合

海面反射は調査船のごく近くに局限され，調査船より¼～3海里の範囲にあるレーダーターゲットのレーダー映像はよく映る（Fig. 3 a）。しかし4海里の距離にあるレーダーターゲットはスウィープ2回に1回ぐらいの割合でしか映らない。

B. 風力3ぐらいの場合

調査船の周囲よりの海面反射が著しくなる（Fig. 3 b）。この海面反射の範囲は，調査船を中心に円形ではなく，卵形に似たものであり，船の風上側では遠距離にまで及ぶが，風下側では近距離内に留まる。したがって，海流板より風上側½～1海里の所に船を留めてレーダー接写を行なうと，海流板の映像が海面反射の映像より分離できる（Fig. 4）。

C. 風力4以上の場合

海面反射のおおう範囲が大となり，一般の調査船のレーダー装備では，この種の調査が困難となる。この場合にはまた，海流板の風による漂流が大きくなって，この調査の限界となる。

本観測の実施経過

東海区水研海洋部および神戸海洋気象台が実施した，俊鷹丸（8月2～7日）と春風丸（8月6～7日）の観測結果によれば，本観測実施前の黒潮流路は，日向灘近海より遠州灘沖にかけて，大勢として著しい蛇行屈曲がなく，ゆるやかな弧を描いて流れていた。土佐沖の黒潮主流は，足摺岬ＳＥ10～30海里より室戸岬ＳＳＥ 10～30 海里に向かっていた（Fig. 5）。

8月17日より本観測を開始した。初めに水温場と海流場の大勢を摑むために，Sta. 1 よりSta. 19までの4本の横断観測を実施した（Fig. 6）。その結果はFig. 7に示されているように，黒潮主流は8月上旬に比べて，足摺岬ＳＳＥでは接岸し，距岸15海里以内にあったが，室戸岬沖ではあまり変化がなかった。

8月19日早朝より，海流板追跡を試みたが，風力4以上となり，風浪による海

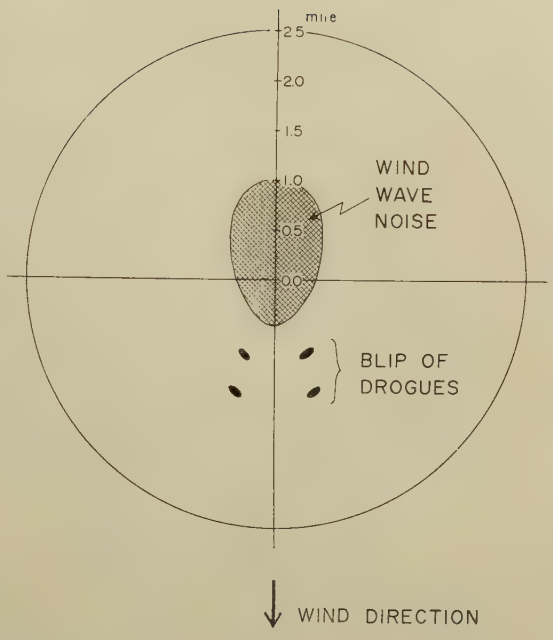


Fig. 4 The best position of the ship to separate blip of the current drogues from the wind wave noise.

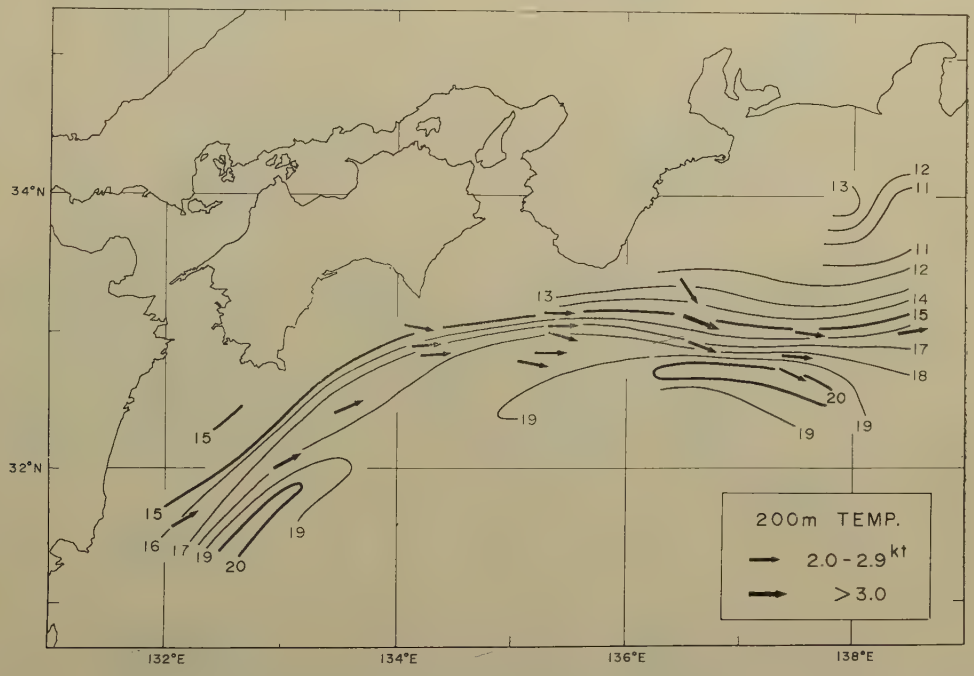


Fig. 5 Hydrographic conditions of the Kuroshio before the measurement. Surface currents less than 2 knots are omitted. Based on data from the *Shun' yo Maru*, August 2-7, 1967 and the *Shumpu Maru*, August 6-7.

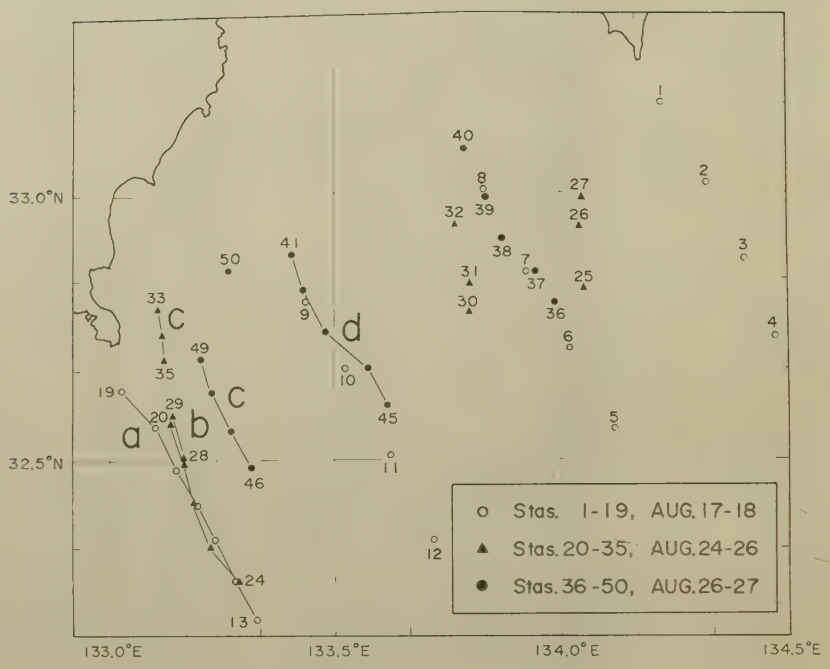


Fig. 6 Locations of BT lowering and GEK fix.
Lines a, b, c and d indicate locations of temperature profiles shown in Fig. 9.

面反射が著しく，調査不能のためにいったん調査を中止した．台風の通過を待って，8月24日早朝より海流板追跡試験を再開した．海流板を放流する直前に，GEKで黒潮横断線上の5海里間隔の細密測流を行ない，黒潮最強流軸の位置を毎回定めた．それらの水温断面図をFig. 9. に示す．また，8月24日以降27日までのBT，GEK観測資料を全部，一まとめにして，水平分布図として Fig. 8 に示す．追跡第1日目（8月24日）には黒潮最強流部より5海里ほど沖側の点に，第2日目（25日）には最強流部より2～3海里岸側の点に，第3日目（26日）には最強流部より5海里ほど岸側の点に，海流板を放流した（Figs. 9, 10）．追跡は日の出直後より日没直前まで行なった．なお，調査員は以下の通りであった．

事前コノプティック調査	川合英夫	南西水研海洋部
	上屋豊	東海大学 学生
	金吉和夫	〃
海流板群追跡調査	川合英夫	南西水研海洋部
	坂本久雄	〃
	上屋豊	東海大学 学生

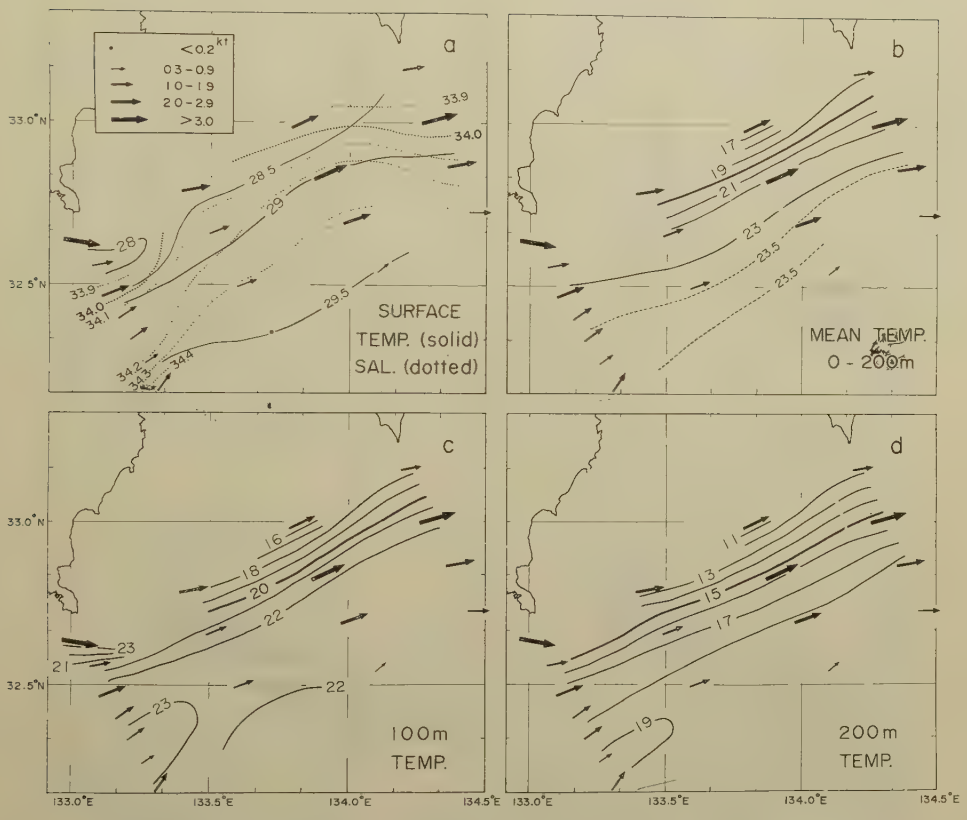


Fig. 7. Hydrographic conditions during August 17–18, 1967.

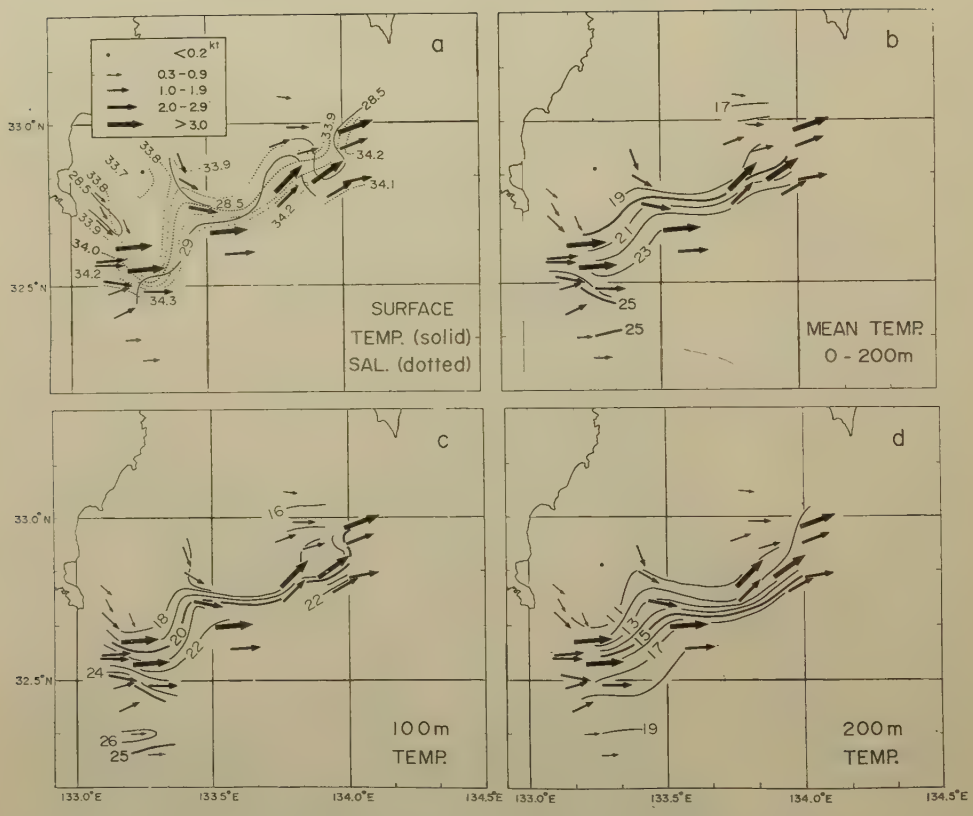


Fig. 8. Hydrographic conditions during August 24-27, 1967.

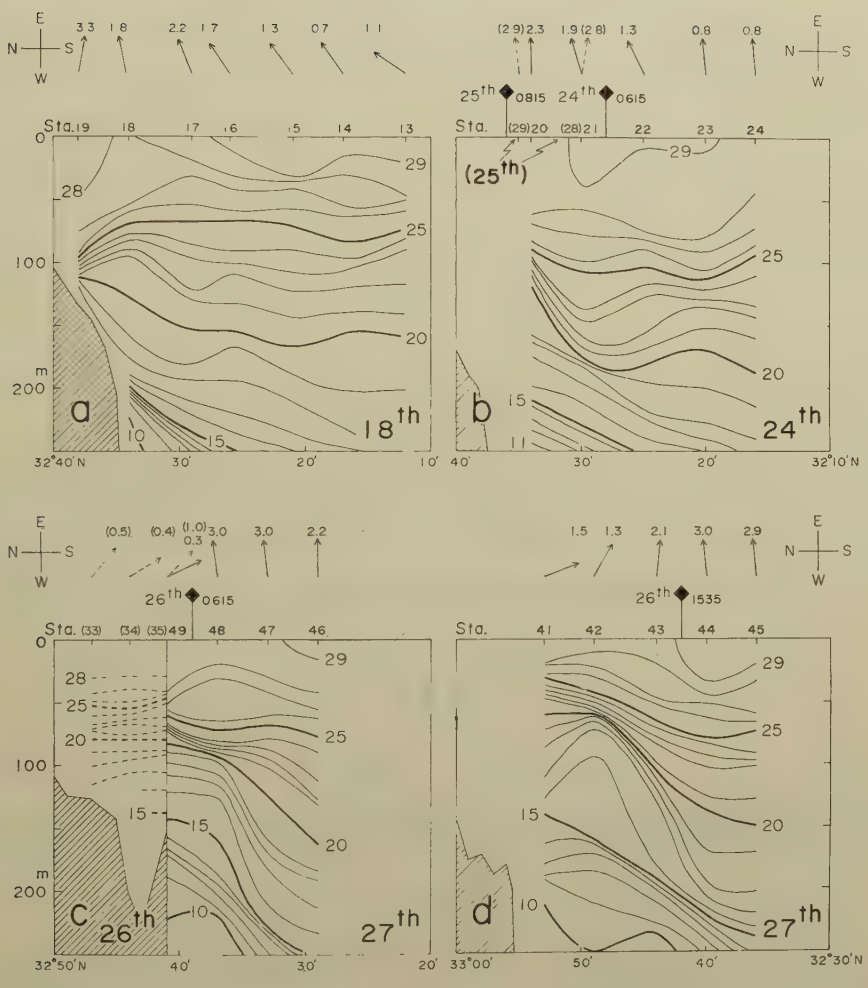


Fig. 9. Temperature profiles and GEK currents.
Lccations of the profiles are shown in Fig. 6.

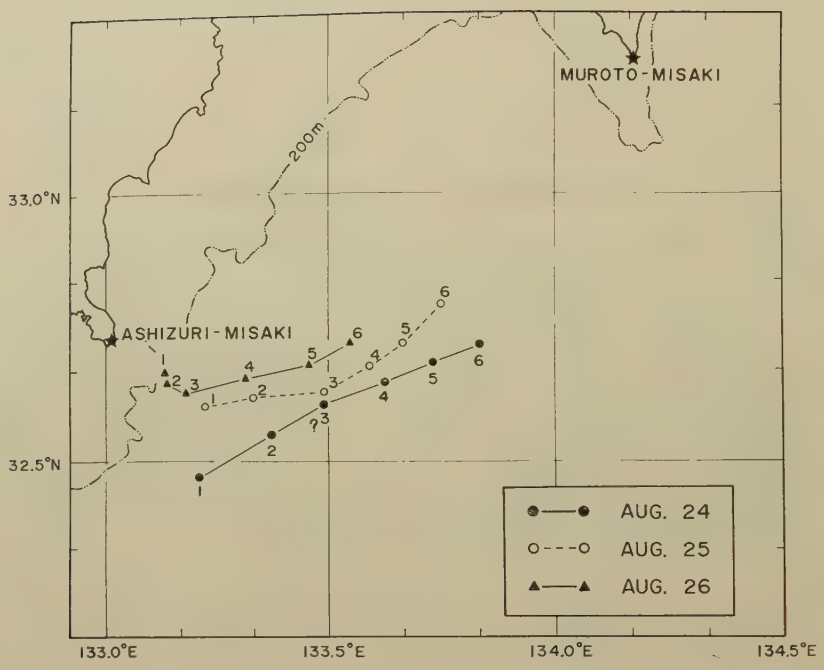


Fig. 10. Trajectories of the center of gravity of current drogues.

結　果　と　考　察

3回の海流板群の追跡写真記録を解析し，4個の海流板群の作る四辺形の面積Sを計算し，それらの時間的変化DS/Dtより，水平発散量Qを算出した。これを式で表わすと次のようになる。

$$Q=\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=\frac{1}{S}\frac{DS}{Dt} \qquad (1)$$

ここにu，vはxおよびy方向の流速成分を示す。またD/Dtは実質微分を表わす。Qがプラスならば水平発散，マイナスならば水平収束となる。

Fig. 10. は，4個の海流板群重心の漂流経路を，Fig. 11. は同じく重心の経度・緯度・漂流速度の時間的変化を示す。これは海流板群と調査船との相対位置を，レーダー映像写真より定め，調査船の絶対位置をロラーンにより定めることにより，求められたものである。前者の測定精度は0.1海里のオーダーである。したがって，2時間ごとの測定より割り出した漂流速度（Fig. 11）は，0.5ノットのオーダーの精度しかもたない。

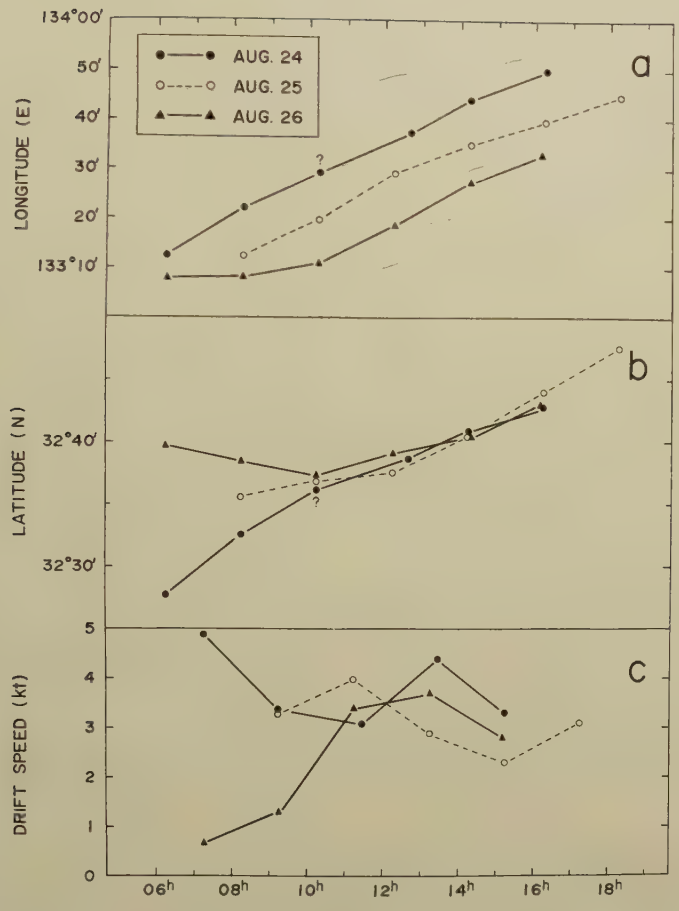


Fig. 11 Time changes in longitude (a), in latitude (b) and in drifting speed (c), of the center of gravity of current drogues.

Fig. 11. の漂流速度は 3.5 ノットを越える場合がしばしばあるにもかかわらず，ＧＥＫ測流値では，最高 3.3 ノット留りであった。この差は上述の精度を考慮すると有意なものかどうかわからない。

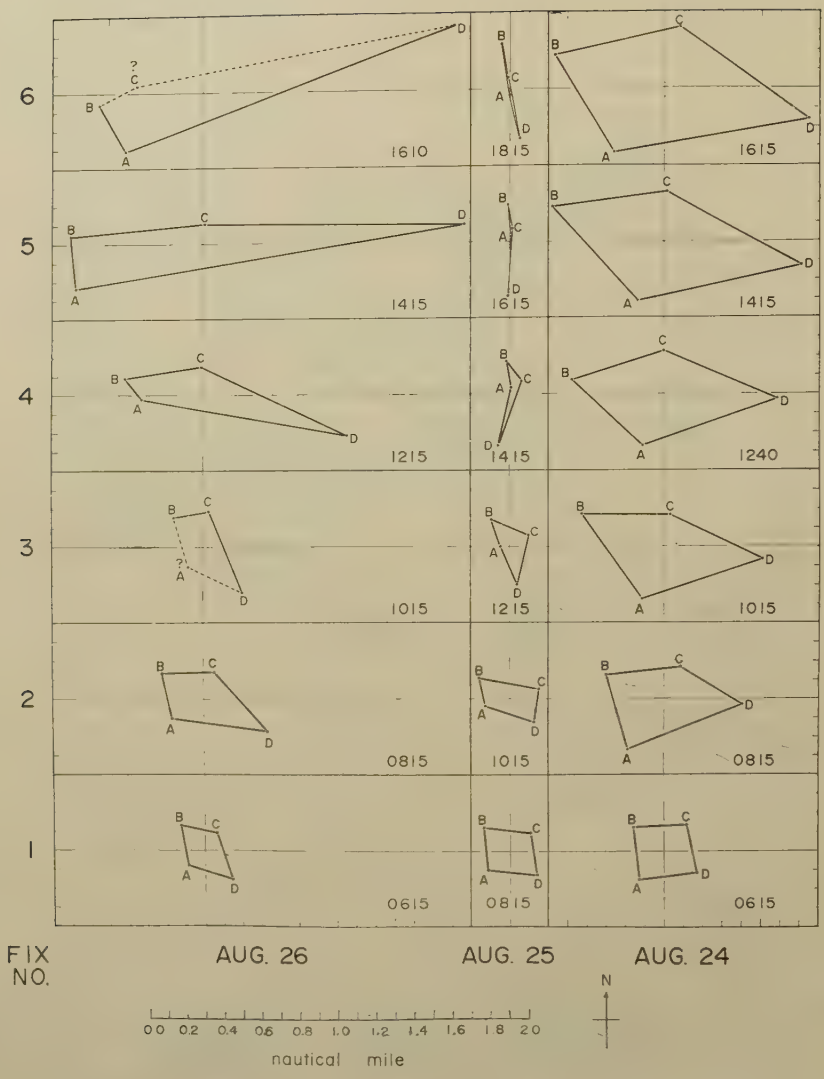


Fig. 12. Time change in relative positions of four drogues A, B, C and D.

Fig. 12.は，写真記録より読み取った4個の海流板の相対位置の時間的変化を，4点A，B，C，Dの重心を原点として表わした図である。A，B，C，Dの座標を (x_1, y_1)，(x_2, y_2)，(x_3, y_3)，(x_4, y_4) で表わすと，それを4頂点とする四辺形の面積 S は，

$$S=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}(x_{i+1}-x_i)(y_{i+1}+y_i) \qquad (2)$$

で与えられる。ここでA，B，C，Dを結ぶ線を順にたどると，それは本調査ではすべて，放流開始時と同様に時計廻りとなったが，反時計廻りとなる可能性もあり，その時の面積はマイナスとなる訳である。その場合には，面積 S が0となる時刻があり，式 (1) より水平発散量は算出できない。

Fig. 13 a は，式 (2) より算出した面積 S の時間的変化を示す。また Fig. 13 b は，さらに式 (1) により求めた水平発散量 Q の時間的変化を示す。 Fig. 13 c は測定時の表面水温と風向，風力 （ビューフォート階級）の時間的変化を示す。風力は 3 日間を通じて 3 以下であったが，特に風力 2 以下の 8 月25日には，午後になって表面水温が著しく上昇し，表面水温の日周変化を示している。その他の日においても，わずかではあるが，日周変化の傾向が見られる。

これらの図を併せ考察すると，最強流部より岸側へ 2～3 海里の点で放流した第 2 日目の測定においては，著しい水平収束が起きており，そこで視察された潮目の存在という事実と，よく対応している。これに反し最強流軸より岸側および沖側へ約 5 海里の点では，著しい水平発散が起きていることが判明した。これら水平収束と発散量の大きさは，10^{-4}～10^{-5} sec^{-1} のオーダーであり，かなりの量に達する。表層混合層内では，海水密度がほぼ一様であるから，収束発散にあずかる流動には，地衡流的に考えれば，鉛直シアーがないはずである。表層混合層の厚さを H で表わすと，水平発散量は

$$Q=\frac{1}{S}\frac{DS}{Dt}=-\frac{1}{H}\frac{DH}{Dt} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

となる。式 (3) の右の等式は，

$$\frac{D}{Dt}(SH)=0$$

より，つまり海水の非圧縮性より求められたものである。Fig. 13 b の水平発散および収束量は，小さい時では 10^{-5} sec^{-1}，大きい時では 10^{-4} のオーダーに達する。したがって Q にこの両者の数値を入れ，H の厚さを種々と仮定して，それに対する DH/Dt の値を，式 (3) より算出してみると，Table 1 のような結果となる。

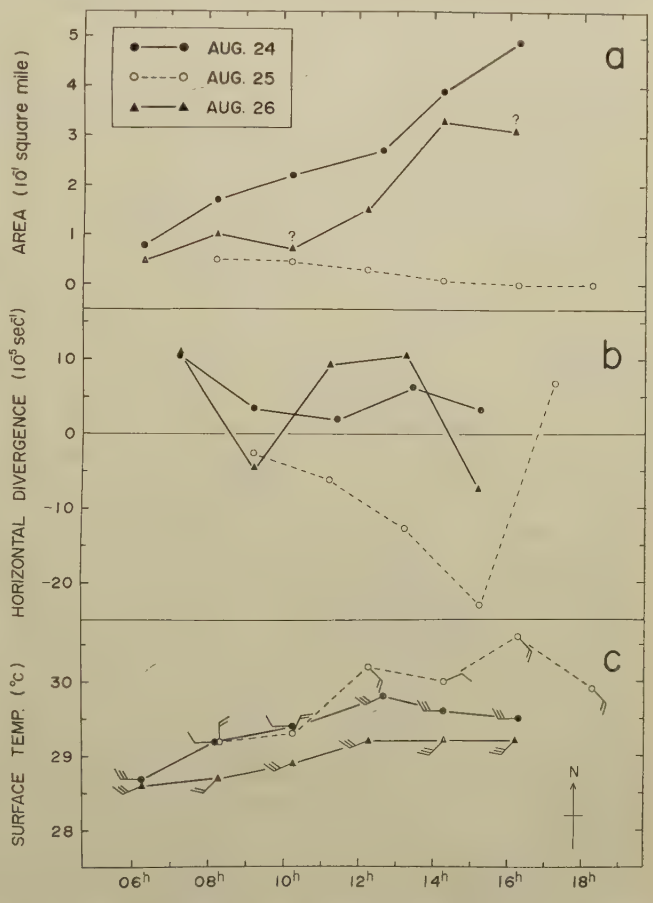


Fig. 13. Time changes in quadrilateral area made by four drogues A, B, C and D (a), in horizontal divergence (b) and in surface temperature and wind direction and force in the Beaufort scale in the vicinity of drogues (c).

Table 1. Time change in thickness of the surface mixed layer with vertically uniform horizontal divergence.

Thickness of the layer	Horizontal divergence	Individual time change in the thickness of the surface mixed layer		
H (m)	Q (sec^{-1})	$-DH/Dt$ (m/sec)	(m/hour)	(m/day)
1	10^{-5}	10^{-5}	0.036	0.86
	10^{-4}	10^{-4}	0.36	8.6
10	10^{-5}	10^{-4}	0.36	8.6
	10^{-4}	10^{-3}	3.6	86
25	10^{-5}	2.5×10^{-4}	0.9	21.5
	10^{-4}	2.5×10^{-3}	9	215
50	10^{-5}	5×10^{-4}	1.8	43
	10^{-4}	5×10^{-4}	18	430

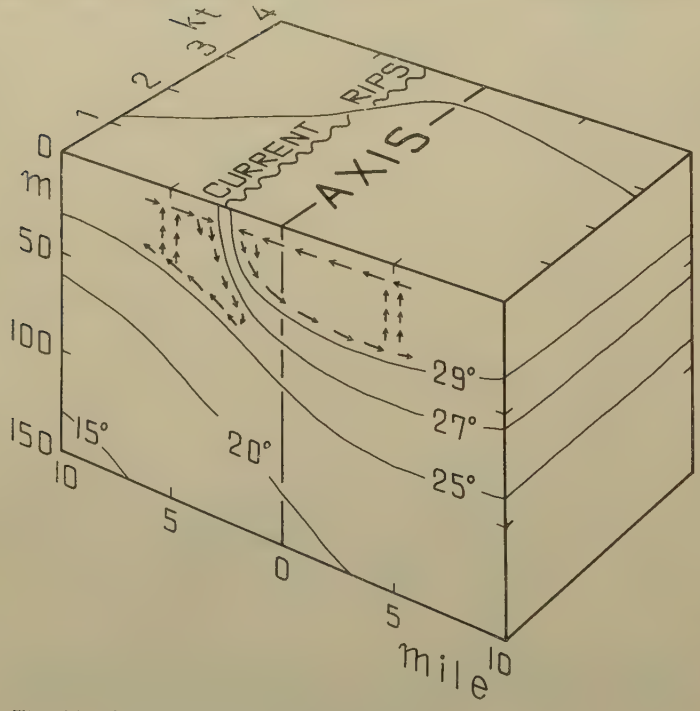


Fig. 14. A schematic estimation of helical motion in the surface mixed layer of the Kuroshio.

現実の海洋では，Table 1に示されているDH/Dtの値に対応するような，著しい表層混合層の厚さの変化は生じていない。これは収束発散にあずかる流動が，表層混合層内では上下に一様であると仮定したことが，誤っていたからである。したがって，表層混合層の上部と下部には，収束と発散が相対応して分布し，鉛直方向に積算すると，それらは互いにほとんど打消し合っていると考えられる。すなわち，海面で収束した海水は沈降した後，数十m下方の次層では，逆に発散せねばならない。またはこの逆でなければならない。したがって，黒潮最強流軸より2～3海里岸側の所に，表層海水の著しい収束帯があり，ここで収束沈降した海水は，次層で発散するような，2つのらせん状運動系が，黒潮を斜めに横切って存在すると推定される。その結果，浮遊物体は，この収束帯に集積したまま，比重の関係で，沈降せずに収束帯に沿って下流へ運搬されるものと考えられる（Fig. 14）。観測および理論の両面より，この収束帯は黒潮横断線上の表面流速分布曲線の変曲点に位置すると言える。このことについては，今後の調査結果をまって，第Ⅱ報でより詳しく論じたい。

河口沿岸海域の微細海況*

村　上　彰　男

MICRO-OCEANOGRAPHY IN ESTUARY

Akio Murakami

1. Scope of work.

As a rule, the sea condition of coastal waters is more complicated than that of the open sea. Especially in an estuary, variations are very considerable owing to the effects of complicated topography, wind, tide, river discharge, etc. On the other hand, clarification of the detailed sea conditions of coastal waters is urgently required for the benefit of fisheries, public works, industrial development and urban life.

From 1964 through 1966, the Science and Technology Agency conducted an integrated study of coastal sea conditions in Hiroshima Bay with the Maritime Safety Agency, the Fisheries Agency and the Meteorological Agency as the participants. The author took part of this study and carried out a study concerning the mechanism of the exchange between the fresh and sea waters. An unique automatic observatory was designed for this purpose and installed near the estuary of the Ōta River. The characters and movements of fresh, brackish and sea water masses were studied by means of this observatory and by supplemental observations.

The automatic observatory takes measurements at several depths between the surface and the bottom of the sea at regular time intervals. Such method of automatic observation is the first attempt in Japan. The measured items are air temperature, wind direction and force, water temperature, electric conductivity, and direction and speed of current. The detectors for these elements are moved up and down through the water column by the motor installed on a tower. The tower is located at a point 250 m off the shore and 8 m in depth. Self-regulating and recording parts are placed in a house on land. The distance of about 300 m between the house and the tower is connected with a submarine cable.

The observatory takes measurements at the water surface and then at 0.5, 1, 2, 3, 5 and 6 m below surface, and it takes about 10 minutes to complete one series of observation. Such a series is repeated every 30 minutes. The observatory began recording the data in January 1966, and was kept in operation until April 1968. Electric power was obtained from the commercial power supply. To avoid obstructing navigation, the tower was placed about 500 m to the east of the river mouth.

The supplemental observations were carried out monthly from April 1966 to March 1967, and consisted of stationary and cruising observations. In the stationary observation, the same observation items as covered by the automatic observatory were continuously measured for 24 hours from a

*南西海区水産研究所業績　第3号。

survey ship anchored at the river mouth. During the same period the cruising observation was carried out by another survey ship which made the round tour to occupy the 10 stations located within 2 km of the shore. It took 2 hours to make a round, and four or five successive rounds were made.

2. Results obtained.

(1). Thermal stratification occurs in two seasons of the year, namely, from April through September and from January through February. Vertical gradient of water temperature is 0.7 and 0.3℃/m respectively in the two seasons. Stratification occurs also when low-salinity water temporarily occupies the surface layer; in such a case, there is considerable difference between the surface layer and the underlying layer not only in temperature and electric conductivity but also in current pattern.

(2). The discharge of the Ōta River is abundant from March through July (with the maximum in July) and scanty from August through February (with the minimum in November). Needless to say, the sea condition of an estuary is ruled mainly by river discharge. Judging from the current velocity and chlorinity of the surface layer, however, it is only in the period of abundant river discharge (i.e., above the year-round average) that the river discharge strongly affects the sea condition.

(3). The sea condition of an estuary is affected by the tidal range as well as by river discharge. In the estuary of the Ōta River the maximum tidal range is about 4 m and the tidal mixing of fresh and sea waters is not so intense……limited only to the upper layer……as in the estuary of the Chikugo River which is located in the inner part of the Ariake Sea and where the maximum tidal range measures 6 m. Spatial distribution of low-salinity water differs in the stratifying and the circulating seasons because of the different mixing conditions.

(4). When tidal range is small or when river discharge is very large, the surface water flows down the estuary even during the flood tide and, consequently, there can be seen at a depth of 1 to 2 m a sharp discontinuity between the offshore-flowing low-salinity upper water and the underlying high-salinity water flowing ashore. The thickness of the former water varies with the river discharge :it is usually less than 2 m and sometimes only 20 to 30 cm. Such surface water is several per mil lower in chlorinity than the underlying water.

3. Problems pointed out.

(1). As this was the first attempt to descend and ascend the detectors at an automatic observatory, the elevator apparatus went out of order rather frequently. The majority of the troubles was due to the increased friction or weight or to the clogging of the pores of detectors, which were altogether caused by the attachment of sessile organisms. The observatory composed of sea and land parts proved to be advantageous in the maintenance of the instruments and in securing the electric power. If all the parts are to be installed in the sea, it seems more desirable in the coastal waters to submerge them to the sea bottom than to float them by means of a bouy.

(2). Since some of the hydrographic elements show sharp vertical gradients in an estuary, it is necessary to get a fixed point in the sea for their measurement. Particularly in the measurement of water current, the errors due to the rolling and pitching of the survey ship cannot be disregarded. In measuring the movement of a water mass, it is more desirable to follow a current float than to use a current meter.

(3). The electric conductivity meter has to be improved so as to be adjusted more rapidly and surely, if it is to be used in an estuary. In the region of low salinities the relationship between

electric conductivity and chlorinity is not the same as in the open sea, and the calibration curve must be drawn for each series of observation by securing a few water samples and determining their chlorinities by titration.

内　　容

Ⅰ 総　論

1. はしがき……17
2. 河口沿岸海域の海況特性……18
3. 海象は握のために留意すべき諸点……19
4. 実施した事柄……21
5. 今後の問題点……30

Ⅱ 各　論

1. はしがき……32
2. 成層期の河口海域の海象……32
3. 非成層期の河口海域の海象……40
4. 河口沖海域海象の通年変化……55
（未完）

Ⅰ 総　　論

1. はしがき

一般に沿岸海湾は，その海況が外洋海域に比べて複雑である。特に内湾沿岸は，沿岸地形の錯綜，流入河川，海底の起伏などの諸要因が加わり，一層変化に富む海象を示す。一方わが国においては，沿岸海域は各種漁業にとって絶好の漁場となっており，中でも内湾沿岸は増養殖漁場として余すところなく利用されている。ことに近年は瀬戸内海を初め各地で栽培漁業が発展し，従来の介類，藻類に加え，魚類，甲殻類，軟体類などの飼育，孵化，放流が盛んに行なわれるようになった。こういった水産面からの要請としても，漁場環境すなわち内湾沿岸海象の研究はきわめて重要なこととなってきた。加えて近年ますます臨海地域の干拓埋立などによる土地造成や，港湾航路の浚渫，堤防，護岸，橋梁などといった海岸土木工事がひん繁となり，さらには臨海都市工業地帯からの廃水による水質汚染や赤潮の問題などの面からも沿岸水域の海況の実態を詳細には握し，進んではその予測を行なうことは現下の急務となってきた。ここにおいて，科学技術庁は海洋科学技術審議会の諮問第1号に対する第一次答申に指摘されたごとく，沿岸海湾の総合的調査研究を行なう必要を認め，特別研究促進調整費をもって昭和39年度を初年度とする3か年計画により，沿岸海湾の海象を究明するための技術的な手法を含めた方法論確立を目的として「沿岸海湾の海象に関する総合研究」を行なうこととした。

本研究は大要次の構成によっている。

研　究　項　目	担当機関	昭和39年度	40年度	41年度
1. 沿岸水の交換機構に関する研究				
(1) 沿岸水と外洋水の交換機構に関する研究	海上保安庁水路部	A	B C D	E
(2) 沿岸各種海象等の総合観測研究（陸水との交換機構の研究など）	水産庁水産研究所	A	B C D	E
(3) 海湾流出入量の研究	海上保安庁水路部			E
2. 沿岸における混合拡散に関する研究				
(1) 海水混合と海洋気象との関連性の研究	気象庁気象研究所	A	B C D	E
(2) 表面拡散に関する研究	防災科学技術センター		C D	E
3. 総合的推進および取りまとめ	科学技術庁研究調整局			

表中Aは装置の試作，Bは性能試験，Cは機器の整備改良など，Dは予備観測，Eは総合観測研究を表わす。

対象海域を広島湾に定め，担当諸機関の密接な連携のもとに調査研究が実施された。

水産庁水産研究所としては内海区水産研究所があたり，主として生産力部第2研究室（現南西海区水産研究所環境研究室）が担当した。われわれは河口沿岸海域における淡，汽，海，各水塊の動きとその性状変化を明らかにするための技法の開発と，それによる調査研究結果の解析に基づいて，当該水域での微細海況を究明することに目標をおいた。広島湾域を分担した水路部とは河口沖合部を接点として両者一体となって対象全域をカバーすることとした。また観測対象要因としては，水塊の濁りを指標とする気象研究所が，対象水域を河口海域としたことから，後述する自動施設を共用することにより対象海況要因の拡大をはかりえた。

かくして初年度に沿岸用自動海況観測装置の試作研究を，第2年度にその設置と予備観測を，最終年度に補充観測を併用した本観測を行ない，ほぼ所期の目的を達成した。

観測と併行して得られた結果の解析と総合を行なったが，一部の観測は計画の終了後もなお継続している。したがって本報告においてはひとまず計画最終年度たる昭和41年度までのわれわれの分担した事項についてのみ取扱い，以後は全部の観測終了をまって続報する。

本研究実施の機会を与えられた科学技術庁研究調整局に深甚の謝意を表するとともに，研究参加を積極的に推進していただいた内海区水産研究所山中前所長をはじめ，以後一貫してご指導を賜わった同所村上，猪野両所長，調査研究に絶大なご協力をいただいた同所生産力部安田，池末両部長はじめ竹内，古川，後藤各研究員や，自動施設の開発設置についての繁さな事務を担当された庶務課員，膨大なデーターの解読，整理にあたられた多数の臨時職員の方々に厚くお礼申し上げる。また研究実施や結果の検討整理に当っては，科学技術庁をはじめ分担諸機関の担当官ならびに東海区水産研究所海洋部，および水産庁研究一課担当官の方々の一方ならぬご指導ご援助をかたじけなくした。自動施設の設置については建設省太田川工事事務所，運輸省第三港湾建設局広島港工事事務所，同第六管区海上保安本部，広島県水産課，同広島港事務所，広島市水産課などの諸官庁のご協力をいただき，海上，陸上両部設置にあたっては広島市漁業協同組合，三菱重工業広島造船所，三菱セメント生コン広島工場の各位は心よく同意され積極的にご協力をいただいた。これらの関係各機関の方々に心から感謝する。さらに自動施設の開発設置にあたっては東邦電探ＫＫおよび宇品造船所の技術と，採算を度外視した熱心なご協力によったところが大きい。記して満こうの敬意と謝意を表するものである。

2. 河口沿岸海域の海況特性

河口沿岸海域は，淡，海，両水塊が交錯しそれらが混合して汽水塊を生じ，各水塊は地形，気象，潮汐などの条件により時間的空間的にきわめて複雑な変化を示す。外洋に直接開口する場合よりも，内湾奥部に開口する場合には各水塊が潮時や風のために河口沖合域での来往をくりかえす度合が大きいので，海況はより複雑となる。こういった水域での海況は，なによりもまず水塊の動きに左右されることが大きいから，海況をは握するためには第一に水の行動を規定する各種の要因の及ぼす作用を知らねばならぬ。これらのうちおもなものを列挙すると次のようになる。

1. 地形：川という直線コースから海という平面に急変するところである。一般に内湾奥部の河口は埋立が発達し海岸線は人工的に作られていることが多い。河口沿岸域は一般に干潟が発達し，低潮位時には干出し河口河道内から始まるみおが干潟部を貫通している。干潟の沖側は急に深くなることがある。

2. 風：表層における水の動きには，潮汐流と並んで吹送流が大きな作用を及ぼしている。吹送流の流向は北半球では表面で風下方向から右に45°ずれ，まさつ深度においては表面と正反対の方向となる。流速は風速の2～4％程度といわれている。一般に内湾河口沿岸表層の流速は50cm/sec以下のことが多いから，風速10m/secのときの吹送流速20～40cm/secは水の動きにきわめて大きな影響を与えることになる。吹送流は単に移送のみならず，表面の波立ちや垂直混合にも影響する。

3. 河川水：流量は季節的に異なるが，一般に高温期に大きく低温期に小さい。流量の季節変化の山は，7月（梅雨期）9月（台風期）に出ることが多いが，4月（融雪期）にも出るものがある。谷は1～2月のことが多い。洪水時は年平均流量の数十倍に達することがある。わが国の河川は流程が短いので出水の影響は短時間に河口沿岸域に現われる。例えば，有明海では1953年7月の豪雨直後（筑後川の流量は年平均の約

50倍）の塩素量が，平常状態にくらべて，湾口部で5％，湾央部で8％，湾奥部で11％の低下を示した。一方渇水の影響も現われ，例えば1963年の異常渇水時には9～10月（月平均流量で10年平均の約1/10）に湾奥部の塩素量が昨年同期にくらべ約3％の上昇を示した。

4. 潮汐：一般に潮差が大きいほど強い潮汐流が生じるが，例えば最大潮差6mに達する有明海湾奥部の筑後川河口沿岸域では，強い潮汐流のため干潟面上では強混合が行なわれて夏期でも成層が見られない。これに対し，最大潮差4mの広島湾奥太田川河口などでは高温期に成層が発達する。潮差とならんで河川流量も水塊分布に大きな影響を与えるが，潮差があまり大きくない海域では潮差よりも河川流量が強く働き，潮差が大きくて潮汐による混合が盛んな海域では河川流量と並んで潮差も大いに関係する。

5. 淡水，海水相互の関係：潮差がきわめて小さい（20～30cm位）山陰，北陸地方は別として，一般に漲潮時には湾口から河口や河道に向かって高塩分水が押し寄せて，河川水の下層に入り込んで塩水楔を形成し，河道内には遡上流が生ずる。遡上流の先端部までを感潮域というが，この範囲は河床勾配，河川流量，潮差などによって定まる。塩水楔と遡上流の存在が河口における水のうごきをきわめて複雑なものにしている。

淡水と海水は比重にして0.02ほど違うが，両者は意外なほど混りにくい。シリンダーに海水を入れ，上から着色した淡水や低塩分水を静かに注ぐと，両水塊の境界面が明瞭に認められ，その位置は最大塩分傾斜を示す層のやや下層である。海水に対し，93％以上の塩素量をもつ低塩分水を注ぐと，境界面は形成されない。すなわち比重にして0.002位以上の差があると混合せず成層する。比重差は温度によっても生じ，25°Cの水と10℃の水の比重差は0.0017でほぼ前の塩分差の場合に等しい。もち論海では種々の力が働くためにこれ以上の比重差でも混合するが，水温，塩分による成層や河道内の2重層は予想外に発達しやすいものである。

海に一定の速さで淡水が流入すると，混合して生じた汽水塊は舌状となって海表面に浮ぶ。このことは海域に直接排出している廃水口周辺で普通に見られる現象である。舌状水塊の下には高塩分水塊があり，両者の境界はきわめて明瞭である。舌状水塊の塩分は排出口を離れるほど高くなって行くが，これは周辺の水が加わってくることを示している。すなわち水平には水平渦動拡散が起こり，垂直には海水加入が行なわれている。前者は昔から知られていたが，河口海域での淡海水の混合はこれのみでは説明しきれぬ現象である。後者は舌状水塊の下層から高塩分水が上昇流となってこれに入り込む現象で，この強さは流速や下層海水との比重差などによって規定される舌状水塊の安定度によって定められる。

3. 海象は握のために留意すべき諸点

上述のような影響諸要因の及ぼす作用の組合せで海象が規定され，われわれはその時間，空間的一断面を測定値としてとらえて，それを手掛りとして海象をは握するわけである。そこで内湾河口沿岸海域のように海象変化の幅や速度の大きい所では，何よりもまず測定値の時空的な位置づけが必要となる。そのためには予め位置づけしうるような観測計画をたてねばならぬ。従来の海洋調査は予定した定点を順次回りながら測定していく，いわゆる定点航走観測の形式によることが多かったが，これはあくまで観測所要時間および観測水域内の海況要因値の変化が観測精度から見てきわめて少ないという前提に立っているのであって，かかる条件はきわめて単調な海域にあってはじめて満足されるものであろう。すくなくとも今問題にしている海域では，とうてい容認しえぬことである。一例として Fig. 1. に筑後川河口干潟部における観測例を示す。左側の図は1966年9月1日の11時（満潮後1時間）と，16時（干潮時）における表面塩素量分布を示す。これは図中の11測点において毎正時同時測定を行なったものである。両回共に河口を中心に等塩素量線が同心円状に並ぶこと，干潮時と満潮時で河口で10%，干潟縁辺部で2％ぐらいの塩素量差があることがわかる。一方右側の図は河道内の測点を11時に観測しはじめ，以下順次各測点を回って観測するものとして，観測所要時間，航走時間，低潮位時の船の運航可能な水路などを考慮して最終点の16時に観測するような航走観測を想定したとき，各測点の観測値としてその点における毎正時の測定値のうち，想定観測時に最も近いものを採用した時の塩素量分布を示す。等塩素量線の配列は南北に平行に並び，その配置および値は各正時ごと

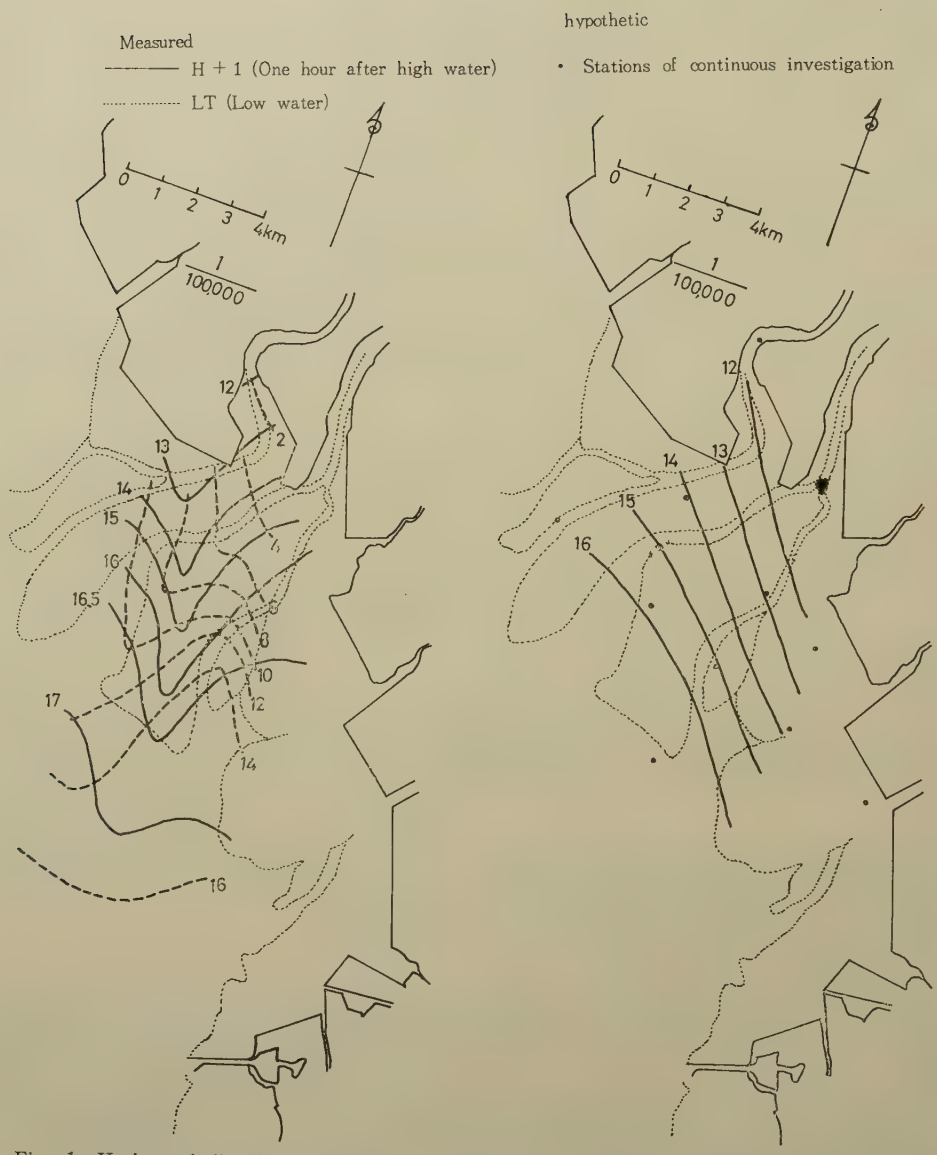


Fig. 1. Horizontal distribution of chlorinities on surface water in the estuary of Chikugo River in Ariake Sea, September 1, 1966. Figures denote chlorinity in ‰.

のそれらと全く異なっている。しかも想定の方法が違えばまた異なるパターンを得るわけで，その間に何の必然性もない。従来の方法による航走観測を実施したとすれば，一例としては右側の図の如きものを得るわけで．しかも通常の航走観測結果からはこれらの 測得値の 位置づけをなしうる何らの 資料も 得られないから，これをもとにして海象を考察せざるをえない。かような資料に基づいて得られた結論がいかに危険なものであるか一見して明らかであろう。

次に測点の数およびその位置の問題がある。しょせん測点数には限りがある以上，目的とする海象は掘の必要精度や観測実施態勢から，およその測点数がきめられることが多いが，その範囲内で最も効果的に配置しなくてはならない。そのためにはまず予備調査を行なって各水塊の動きの大要をつかむ必要がある。その

上でそれらを代表しうるような場所に測点をもうけることになるが，その際実施しうる測点数と測定頻度によって，測点の代表しうる時間空間的海況要因変化の範囲がきめられる。近年水質汚濁調査などで河口や排水口周辺の観測が行なわれることが多いが，その測点の選定にあたっては最初に何kmかの方眼を作り，その交点に測点を設ける方法がしばしばとられている。もち論過去に何の資料もない海域にあっては，かかる選定方法はやむをえぬことではあるが，問題はかくして選んだ点を最後までくりかえし観測していることである。後に述べるように，河口沿岸では局部的に特異な海象をもった水域が存在するので，測点の選び方によってはかかる特異な海象が強調されすぎる恐れも生じる。観測頻度は月1回ということが多いが，各回の観測は通例の航走観測にあっては1測点1回のことが多い。そこで別に連続観測定点を設けるが，これとてもきわめて限られた測点数であるのでその位置の選定に当っては，対象水域の全貌を摑みうるよう十分配慮せねばならない。従来行なって来た内湾河口海域の調査から考えて，大体の水塊の動きを知って測点の位置と観測頻度を選ぶ場合，対象水域の大きさにもよるが最低限2km間隔で，満，干，上，下潮盛時の4回くりかえしを行ないたい。

先に本海域の海象に対し，河川流量，潮差，気象などが大きな影響をもつことを述べたが，1967年8月広島湾奥部の2次湾である海田湾の猿猴川（太田川分流）河口で行なった4測点における24時間連続毎時観測結果によると，連続した2潮でも日潮不等が激しくて潮差が異なると，同じ潮相でも水塊の動きが違う。これにはもち論風などの条件も加わっているが，細かくいえば1潮時内のくりかえしのみでは不十分である。さらに大潮小潮もしくは季節による変化を知るためには長期間の連続観測が必要となる。また河口では垂直の成層があり，それが時々刻々変化するから，連続観測も表，底層はもとより，中間の各層をも含めた多層観測でなくてはならない。

本研究では，このような考え方に基づき，河口沖の一点に多層式自動海況観測施設を設け，その補充観測として河口沖1kmの間の10測点で1潮時内に4～5回（1回1.5～2時間以内）のくりかえし航走観測と，河口正面の定点で30分ごと24時間連続観測を毎月1回行なった。理想的には自動施設を少なくとも数か所に設置し，長期間の同時連続観測を行なう必要がある。しかし，経費や管理面などの点から考えて，数か所のうち主要点にのみ正規の設備を置き，他の点はこれを簡略化したものとするのが現実的であろう。

以上のことは河口海域のみならず，一般内海，内湾域にも当てはまる点が多い。われわれはかねがね瀬戸内海の海洋調査態勢の改善を要望しているが，一案として各灘および瀬戸の10余か所にブイ式の水温，電導度，流れなどの自記装置を置き，内湾奥部や河口水域にはタワー式の多層観測装置を設けて，連続自記観測を行なうことを考えている。本研究はこれら一連の観測技法の確立の基礎となるべきものである。

4. 実施した事柄

1. 昭和39年度

沿岸用自動海況観測装置の試作研究を行なった。この装置は，わが国では京都大学が和歌山県白浜に測流用のものを設置して以来ボツボツ各地に建設されつつある。様式は，(1)記録装置を陸上におくか海上におくか。(2)検出部と記録部の間を有線にするか無線にするか。(3)海上部がタワー式かブイ式か水底沈置式か。(4)電源は蓄電池式か陸上電源式かなどによって多数のものに分れる。目的，設置条件などによってそれぞれの型式が選ばれているが，いずれの型式も未だ開発途次にあるものが多く，定型量産の域には到ってない。

われわれは前記の対象海域の特性から観測要素の多様性と多層連続観測が必須の条件であったので，水面を基準とした各水深における観測を一定間隔でくりかえすこととした。かかる方式はおそらく前例のないことであろう。このためには検出部が昇降可能なこと，従って海上部は固定すること，必要電力を確保しうることが先決問題となる。そこで様式は陸上商用電源を用いたタワー式とし，海上部に昇降装置を設ける関係上，タワー上のスペースなどの点からも記録部は陸上に設け，両部間を多芯海底ケーブルで接続することとした。海上部は各観測要素を検出する検出部が，タワーに取り付けられた昇降装置により各水深の観測を行なう。陸上部は海上部への電源の供給と時限制御を行なうと共に，海上部より送達された検出値を自記する。特殊機構としては，検出部と同じ場所に取り付けた圧力式水深検出部により昇降装置を作動させる水深

制御装置と，陸上部と海上部の回線を連動撰択する回線撰択装置とがある。もち論これらの装置をふくめて本装置のすべての機器は自動的に作動する。観測要素および性能は，気温（−10～40℃±0.5℃），水温（0～20℃，10～30℃±0.1℃），電導度（15～45mσ/cm，22～52mσ/cm±0.2mσ/cm），流向（0～360°±5°），流速（0.05～1.5m/sec±3％）の5要素とし，この他に検出部深度制御が加わる。

一層における6要素の観測必要時間は約60秒で，検出部の次層への移動速度は1.5m/secである。停止後に安定時間約10秒を要する。記録は6打点色別自動平衡式記録計によった。記録紙は幅250mm，長さ25m，送り速度は30，60，120mm/hの3段変換式で，自記録計精度は全目盛の0.5％である。観測時刻は毎正時および毎30分とし，時限制御用の時計の精度は±0.3％である。観測所要電源は交流200V，60cの商用電源を用いた。Fig. 2に構成図を，Fig. 3に記録例とスケールを，写真1に陸上制御装置記録部を示す。なお，各部

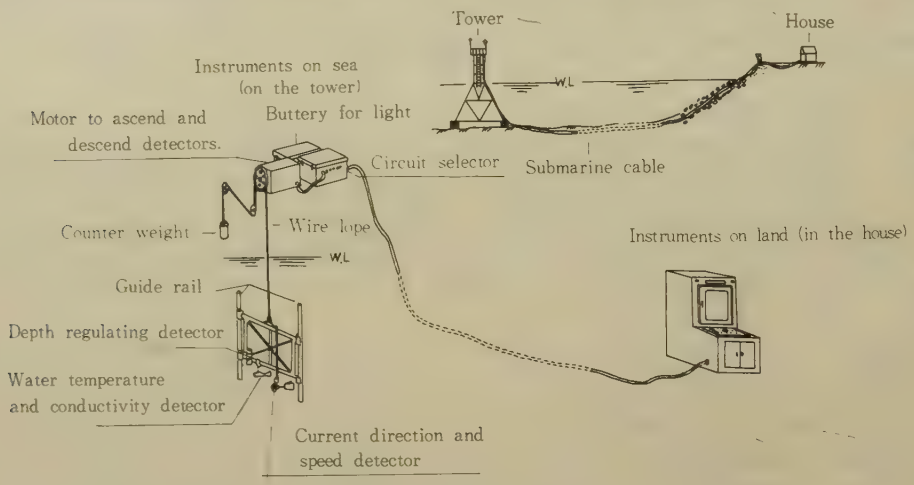


Fig. 2. Constitution of the automatic observatory of micro-oceanographical condition in the estuary of Ôta River.

の詳細の説明と図および写真については，昭和40年12月科学技術庁研究調整局，昭和39年度特調費「沿岸海湾の海象に関する総合研究報告」を参照されたい。

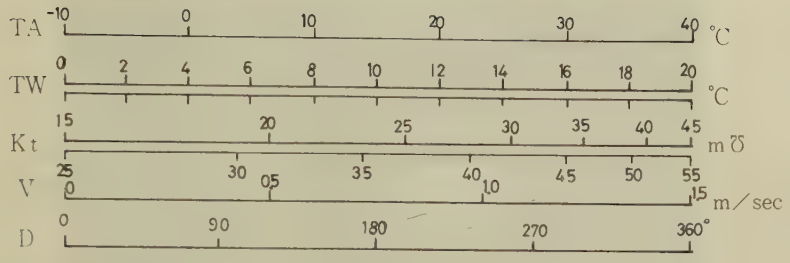
2. 昭和40年度

試作した上記の装置を設置し，調整と予備観測を行なった。

(1) まずFig. 4.に示すごとき海上部タワーをFig. 5.の地点に設置し，陸上部は観測舎に納め，その間を海底ケーブルで接続した。

写真2は海上部を沖合から見た所を示す。

タワーは底面9×9m，水上部2×2m，テラス3×3m，総高16mの四脚式で，各脚底には各々1×1×1.4mのコンクリートブロックを付け，総重量約30tonとなった。これを11月中旬に34°21′48.5″N，132°26′35.3″Eの地点（水深約8m，広島市出島町地先巨岸約250m）にクレーン船によって吊下げて設置した。このあたりは河口部で，底泥はいわゆる“ダベ”と称する極軟泥であり，設置後の沈降，傾斜が予想された。そこで底質調査を行なって地点を選定し，さらにコンクリートブロックの下に長さ数mの杉丸太を並べて結びつけてから吊下げた。ついで陸上に2.7×2.7×2.4mの組立ハウスを置いて観測舎とした。両者の間は直線距離約300mで，これを芯線断面0.75mm²，芯線数13，径6mmの亜鉛メッキ鉄線16本外装仕上外径52mmの海底ケーブルで結んだ。海上部には検出部，同昇降装置，回線撰択装置を置き，陸上部には時間制御部，観測水深制御部，測定部，自記録部，回線撰択装置，電源部を置いた。なお保安のためタワーには夜間灯標をおき，日没と共に赤色灯を自動点灯したが，停電時にそなえるために観測の休止期に灯標用バッテリーを自動的充電する方式をとった。



TA • Air temperature　　V ⊃ Current velocity

TW × Water temperature　　D ● Current direction

Kt ○ Electric conductivity

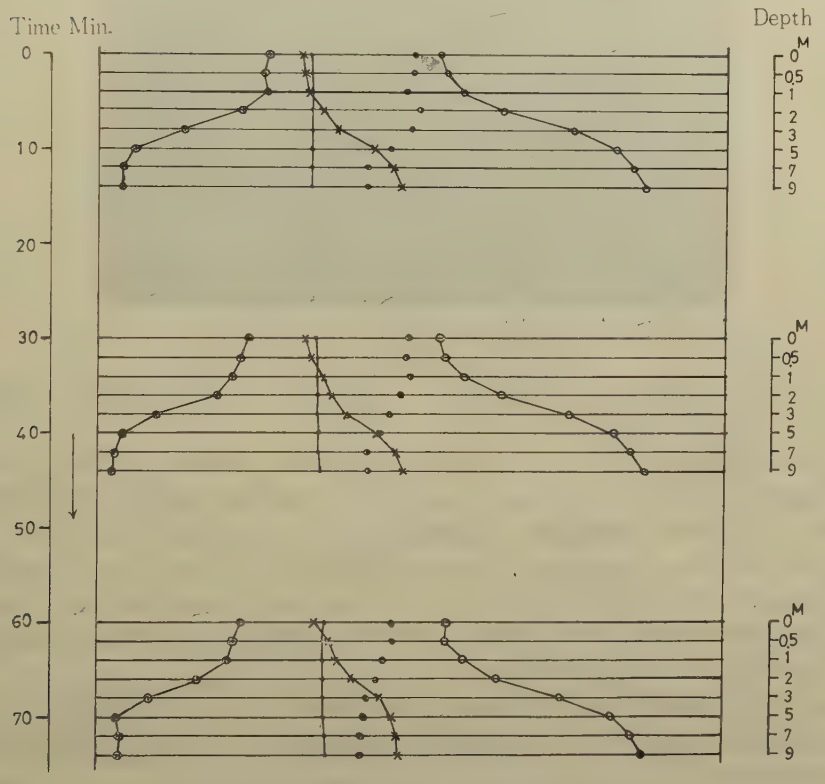
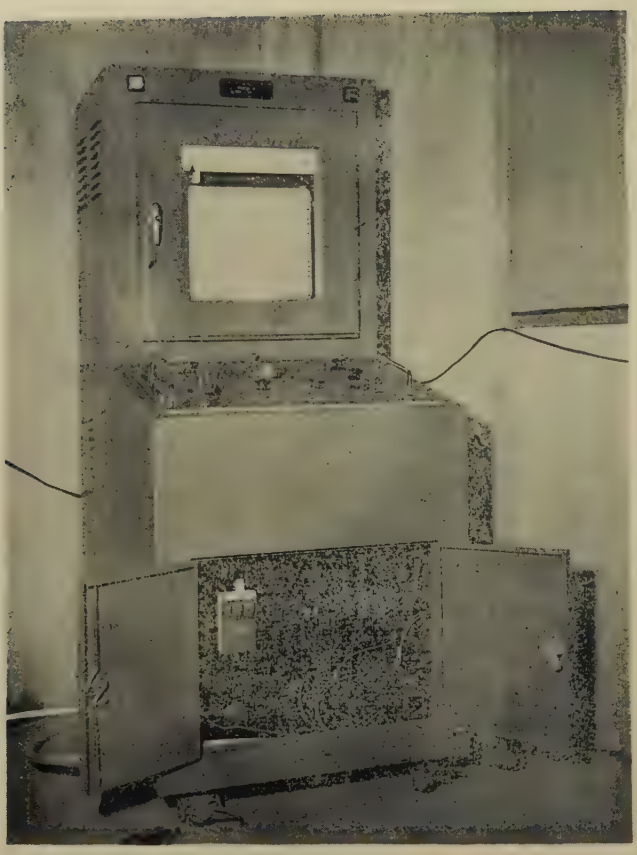


Fig. 3. An example of the record and a scale.

(2) 設置後直ちに毎正時および30分に水面下５，４，３，２，１，0.5，0.3mの各層につき，おのおの水温，電導度，流向，流速を，また各層観測の都度気温を打点するように機器を設定した。一層の所要時間約１分，１回の所要時間約10分で，下層から順次測定して行く。終了後は検出部は５m層まで降下し，次回までの間灯標用のバッテリーを充電する。深度，時刻，諸要素測定精度，耐波性，灯標の安全性などにつき性能試験



Photograph 1. Regulating and recording parts of the automatic observatory, placed in the house on land.

をくり返し，すべての整備改良を終えて11月30日にテスト観測を行ない，約8時間のテストの結果，予定通り作動することを確かめた。

(3) 12月末より予備観測を実施した。この間一例として12月26日より12月31日までのデータにつき測定結果を簡単に解析すると次のようになる。Fig. 6. に26日12時～27日15時半までの諸要素上下限の変化を示す。

12月26日は月令4，午後の下潮潮差203cm，上潮潮差147cm，26～31日には降水はほとんどなく，太田川流量は日平均71～106m^3/secで豊水量を越え，平年の12月の流量の2倍ぐらいを示していた（建設省太田川工事事務所の記録）。風は北寄りの風が多く27日6時にN，風力4，30日12～15時にNW～W，5～6があった他は27日18時～28日9時にかけてN：3が吹いたくらいである（広島地方気象台の記録）。気温は0～11℃でmax. は14～16時に，min. は3～5時に出る。

水温：14～19℃で各層測定値中のmax. の日変化は潮候の影響が大きく，min. は塩分低下によることが多い。上下層の水温差は最大3℃で，2℃以上のことが4回あったが，これは主として上潮時に下層に暖かい水が来たことによる。

電気伝導度：33,000～43,000$\mu\sigma$/cm（Cl換算13.5～18.0‰）で，例外的に29,300$\mu\sigma$/cm（12.5‰）に下ったことがあった。伝導度の変化は1日周期を示し，山は朝の下潮時のL－1（低潮前1時間以下同様）～L＋1に出る。しかし，30日までは朝の下潮潮差の方が夜のそれより大きく，このときまでは山が明らかに干潮時附近に見られたが，31日朝の下潮は夜の方が潮差が少なく，このときの山は不明瞭であった。谷は午後の下潮の中期に出ることが多いが，山のように明瞭でない。上下層の差は，3,000$\mu\sigma$/cm以上におよぶこ

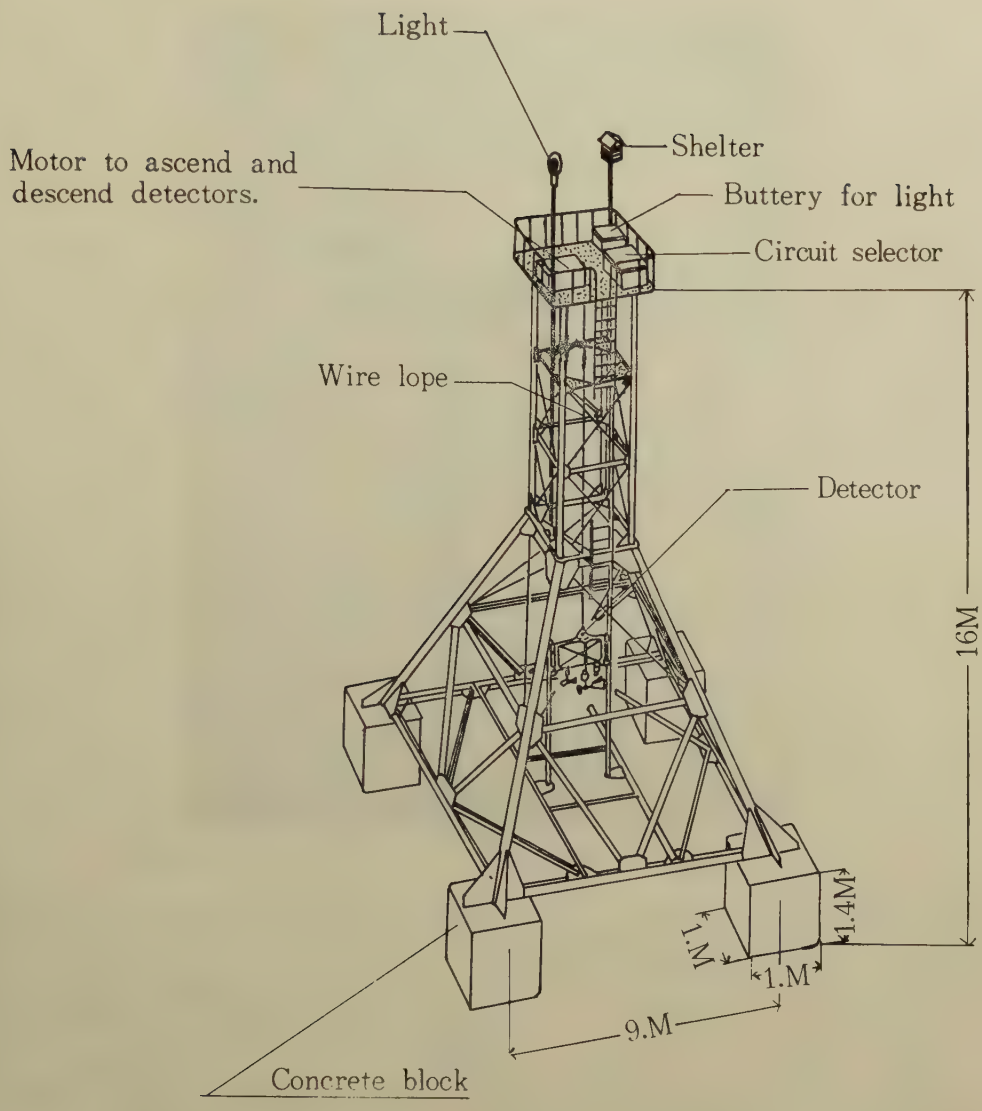


Fig. 4. Tower of the automatic observatory placed at sea.

とが6回見られるが，潮候との関係ははっきりしない。

流れ：流速の最大は5cm/secで，ほとんどの場合1cm/sec以下（測定精度は5～150cm/secで±3％）である。従ってかかる微流速の場合，流向測定値も測器自体の精度を下回ることを覚悟せねばならない。表層では，下潮期（H＋1～3）に東流→南流→西流と転流するが，潮差の少ない午後の下潮時ほとんど北流する。以後北流となり上潮になると北流→東流に移る。南～南東流の期間はきわめて短かく，下潮初期に限られる。底層では，下潮時西流し，干潮時近くに北流に転じ，上潮期は北流～東流する。満潮時は表層と共に東流→南流→西流と転流するが，流向の変化は表層よりは簡単である。

表層塩分の低下は，河川流下流と同方向の南～南東流のときとは必ずしも一致しないで，むしろ北流～東流のときにはなはだしい。すなわち，前回の下潮で河口沖へ出た低塩分が上潮で沖合からもどって来る時

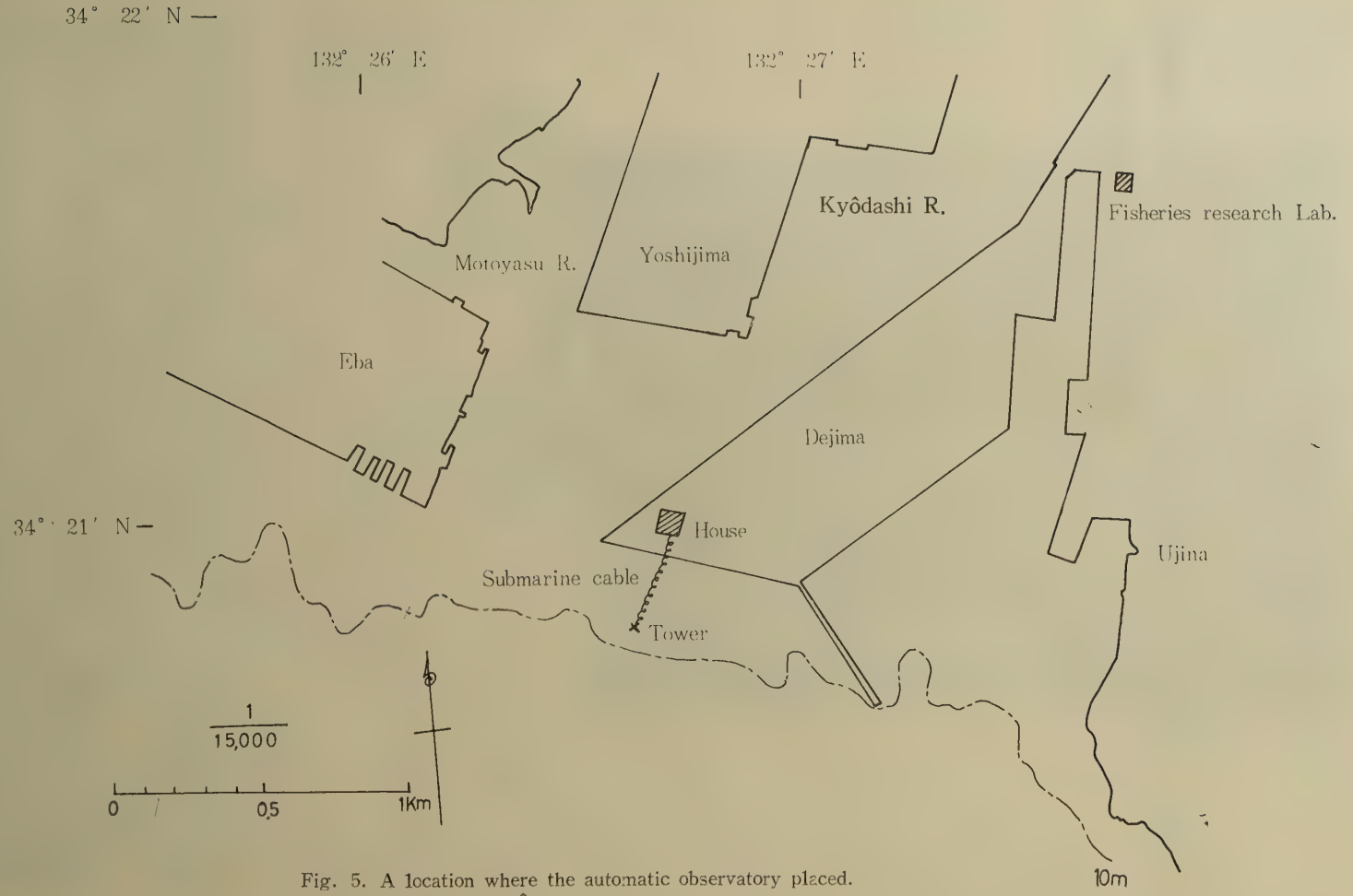


Fig. 5. A location where the automatic observatory placed.
An estuary of Ôta River, inner part of Hiroshima Bay.

Photograph 2. Tower of the automatic observatory seeing from offshore.

に見られるようである。また塩分変化の周期が潮候と一致せず，一日周期を示すことなどから見ても，河口正面をはずれた本測点における低塩分水の流動は，きわめて複雑であることがわかる。

3. 昭和41年度

補充観測を併せて他庁と協同して本観測を行なった。

(1) 測器の増設

予備観測の結果から，表層測定に際し波浪により検出部が露出することがしばしば生ずることがわかった。従って極表層は浮標式とし，常に水面下スレスレの所に検出部を置く必要がある。特に本測点の如く，河口周辺は一般に船舶の運行がひんぱんで，そのためのウネリは風波よりも影響が大きい。また風向風速についてはこれまで広島地方気象台の値を準用したが，これはタワーの北北西約2kmの海抜36mの山上の値であるため，必ずしもタワー海面の状況を示していない。従って海況の解析にはタワーで風を測定する必要がある。これらのことから表層の水温，電導度と風向，風速の測定記録装置を増設した。表層用水温電導度計は0～35℃，±0.1℃，25～55mσ/cm，±0.2mσ/cmの性能の水温電導度計検出部を，指向翼をもった径40cm，厚さ12cmの中空の砲金製浮子の中央部に取り付け，浮子にはワイヤーを通してこれをタワーの上下に固定した。測定部は陸上に置き，これを通って既設観測装置の自記録部に自記させる。観測周期は既設のものと同調させた。風向風速計は遠隔自記式で，タワー上に取り付けた。検出部は長さ67cmの流線形の胴体が直立軸上を風向により自在回転し，セルシンモーターで風向を検出し，前部の径36cmのプロペラにより発電式で風速を検出する。その精度は2～60m/sec（10m/sec以下，±0.5m/sec，10m/sec以上，±5%），起

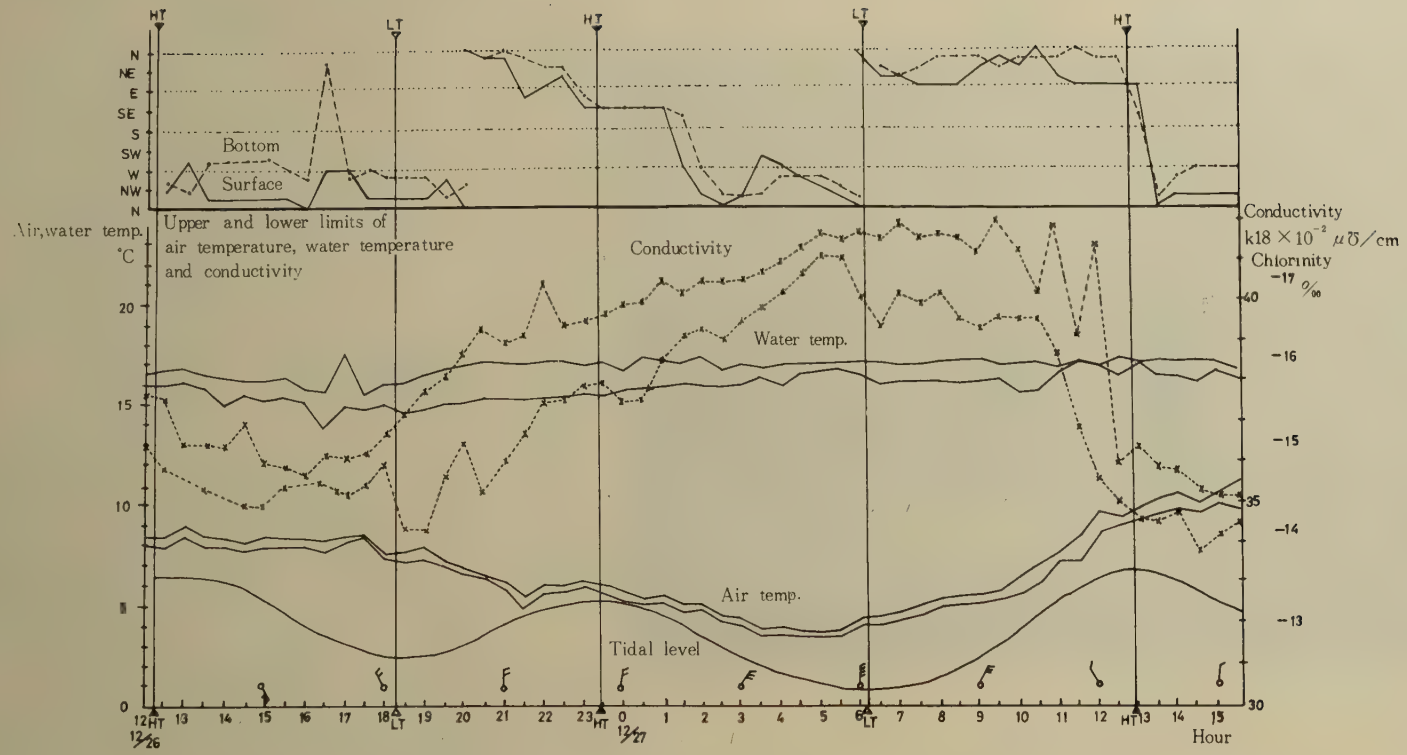


Fig. 6. An example of preliminary observation, from 12 : 00, 26 to 15 : 30, 27 December, 1965

動風速2m/sec以上，　0～360°C±5℃である。記録計は既設装置の電源により時計精度2分/日以内で，有効幅120mm，送り速度15mm/h，約50日間有効の記録紙に連続自記させるもので，タワー上に設置した。なお，気象庁の自動濁度計も8月から併設された。

(2)　自動施設による測定

自動施設の海上部の設置位置は，河口正面沖が望ましいが，航行障害，特にここは大造船所を控えているために大型船舶の出入がひん繁で，かつは底泥条件の少しでも良好な所ということで前述のような位置となった。4月以降施設による本観測を開始したが，8月中旬以降は継続して記録しえた。このうち風は8月中旬より，表面水温・電導度は11月上旬から開始した。従って測定水層は表面開始以前は，0.3，0.5，1，2，3，4，5m層，以後は0，0.5，1，2，3，4，5，6m層となる。なお4～8月の記録については42年度に継続して行なった。

(3)　補　充　観　測

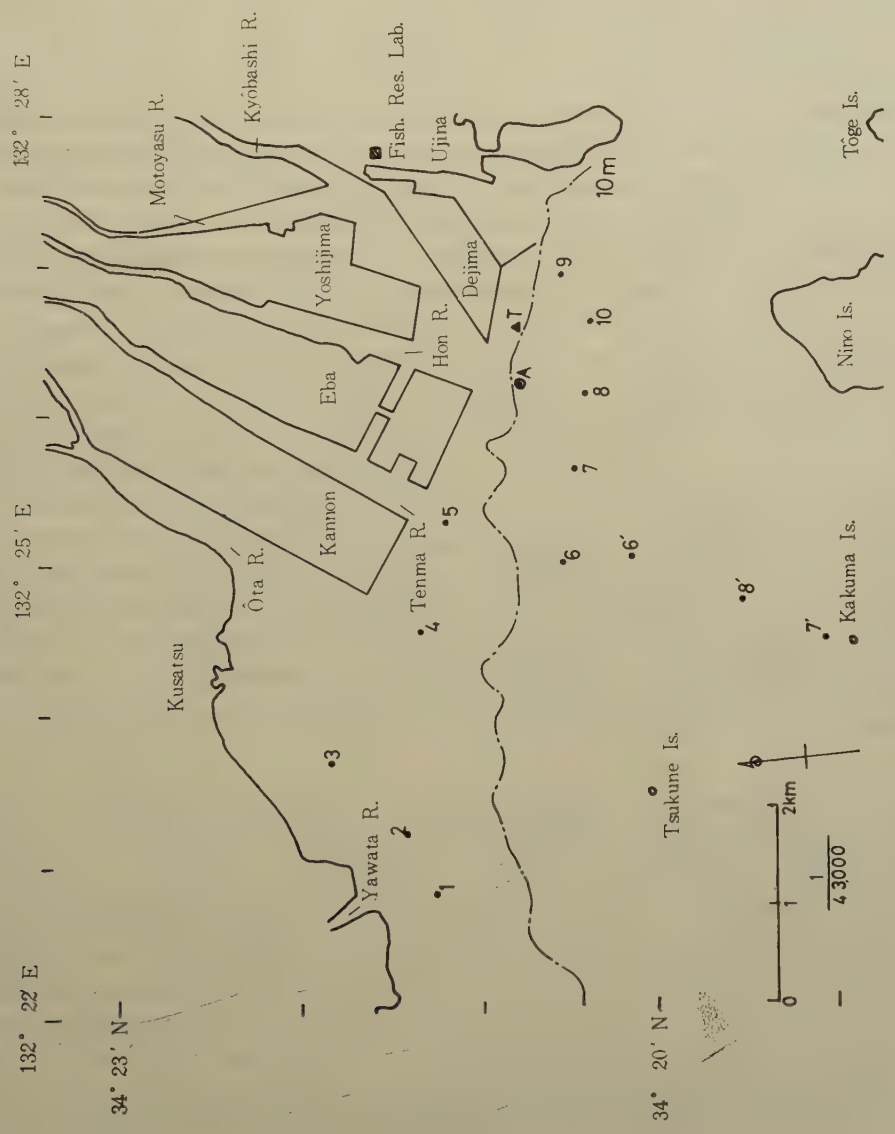


Fig. 7. Stations of supplemental investigation.

測点をFig. 7に示す。河口正面における継続的な観測が不可能であるので，月1回図のA点に船を定置して自動施設と同規模の観測を25時間連続して行なうこととした。太田川は河口上流8kmの地点以下で6分枝して広島湾に入り，うち猿猴川のみは東部の2次湾たる海田湾に注ぐが，他は再び合さって3個の開口部を湾奥に有するようになる。従って自動施設を設置した河口以西に天満川，放水路の2河口をもっており，それらの河口部の状態も併せて知る必要があるので，図の・印10測点において月1回，各回1潮時に4～5回，1.5時間以内の航走観測を行なった。これらの補充観測期日は第1回が'66年4月27～28日，以後5月25～26日，6月22～23日，7月22～23日，8月22～23日，9月30日，10月20～21日，11月18～19日，12月19～20日，'67年1月19～20日，2月15～16日，3月23～24日である。

観測は定置測点においては毎正時および30分に，0，0.5，1，2以下底層までの各m層でＥＣＴ—5型電導度計による水温および電導度とＣＭ--2型電気測流計による流向流速測定と透明度，気象観測を行ない，航走定点ではその都度船を定置して同様の観測を行なった。

5. 今後の問題点

1. 電気伝導度の塩素量換算

現在電気伝導度とClの関係は，日本海洋学会"海洋観測常用表"1967年所載の「海水の電気伝導度」に掲げてある換算表(Utterback et al. "The electrical conductivity of sea water." Journ. du Conseil 9 (1), '34)によっている。原報によれば測定に用いた試水は，太平洋，印度洋，地中海などの各層の水で，低塩分水はこれらを1μʊ/cm以下の電導水でうすめたものである。すなわち外洋水を純水に近い水でうすめて測定した結果である。一方現在問題としている沿岸水域では，気水域はもち論，海水域といえども外洋水に比べて通常の海塩以外にも電導度に影響する物質が多量に含まれていると考えられる。従って低塩分の沿岸域では海水中に溶けている塩類組成が異なるため，通例の塩素量～塩分換算式があてはまらぬと同様に，常用表所載の電伝導～塩素量換算値はあくまで外洋でのみ使用すべきものである。われわれは広島湾，徳山湾，燧灘などの瀬戸内海各内湾域において電導度測定を行なう場合は，1シリーズの観測ごとに塩素量換算のため，測定値範囲内の各電導度値を大体均等に網羅するように現場海水を採水し，船上で直ちに電導度測定を行ない，この試水について塩分検定して換算カーブを作っている。これによるとすべての場合常用表所載のものより同一塩素量の電導度値は大きく出ており，Cl 15～19‰辺で1,000～2,000μʊ/cmぐらいの差となることもある。これは塩素量にして0.5‰以上の差があることになり，到底誤差として容認しうるものではない。近年，海域での各種電導度計の使用が普及するにつれ，沿岸域でもCl換算の必要性が増すと思われるが，この点特に留意して無神経な使用を戒める必要があろう。われわれは前述の如く換算用の試水を別に採水して船上で測定した。沿岸水域特に河口域では，一般に塩素量などの垂直変化が激しいから，電導度計である層の測定をすると同時に，その層の採水を行なったとしても，通例の採水器そのものが30～40cmの厚さの層の水を平均して採水しており，且つ採水操作そのもののため水塊を乱すことなどのために両者の測定対象水が異なってしまうことが多いからである。

2. 電導度測定

Cl換算とは別に沿岸海域における電導度測定にはなおいくつかの克服すべき難点が存在する。現今の電導度計は，例えば東邦電探製ＥＣＴ－5型では10,000～35,000，30,000～55,000μʊ/cmの両目盛が200μʊ/cmずつに目盛ってある。この一目盛は大体Clで0.1‰にあたる。一方水温の目盛は一目盛0.2°Cで，水温による電導度補正値はClになおすと一目盛0.2°Cが大体0.1‰にあたる。自動施設建設場所付近の表層の水温，塩素量は昭和30年以降の資料では8～30°C，1.0～13.5‰となっている。従って内湾河口海域では電導度として2,300～56,000μʊ/cm程度の目盛範囲が必要ということになる(自動施設では電導度は15,000～45,000，25,000～55,000，200μʊ/cm，水温は0～20，10～30，0.2°C目盛とした。これは予測値と記録紙の紙幅と水温・電導度のスケール切換の点などを考慮して定めたもので，15,000μʊ/cm以下は割愛せざるをえなかった)。自動施設のような固定施設では動揺がないから読取りそのものの誤差を考える必要はないが，船舶によるときはかかる海域は水深の関係で小型舟艇によらざるをえないから，船上で測定する場合は揺れのために

読取り精度は一目盛程度しか期待できない。すなわち通常の観測条件下では Cl に換算して小数2桁までの精度は望みえないことになる。

次に測器の調整の問題がある。水温の原点調整はきわめて短時間内に容易に行なえるが，電伝導のそれは安定するまでに最少限3～5分程度を必要とする。従って各層ごとに水温と電導度を切換えて測定する方式は垂直変化の激しい海域では不適当で，両者の検知部を同一場所にした上で別々に測定する必要がある。上述のような潮候に順応した航走観測を行なう場合は，観測時間がきわめて限られるために測定の迅速かつ正確さが必すの条件となる。本研究では切換式の計器を使用したため，開始数分前に電導度の調整を開始し，検知部を下す時に電伝導を，上げる時に水温を測定するようにした。また，電導度の原点調整は時間を要するのみでなく，比較的不安定であるから測定中原点のズレが生ずることがしばしばある。そのためにはサリノメーターのように既知塩素量の海水で更正する方式が望ましい。例えば既知塩素量水を密封したものに電極を挿入し，その示度が随時読取りうるようにするのも一法であろう。（しかしその場合も前述の電導度～Cl 換算の問題は解決されていない。この点沿岸水域でサリノメーターを使用する際は同様に注意を要する）。

内湾沿岸河口海域にあっては，電導度測定に関してもこのような種々の難点が存在する。現在の測器がこれらの要求を十分満たしてない現状では，測定値および測定水深の精度を十分考慮した上で電導度そのままの値を塩素量の代りに用いるか，あるいは採水層に十分注意して採水塩検し，その中間層の変化を電導度の変化から定性的に知るようにすることなどが最も賢明な使用法ではなかろうか。本研究では原則として前者によったが，場合によっては後者も併用している。この場合極薄層の採水が可能な採水器（松江編，水質汚濁調査指針，'61年恒星社，採水の項参照）を使用したことはもち論である。1シリーズの観測のある部分では塩検，他の部分では電導度測定というときにはもち論前記のような採水による換算を行なった。

3. 流れの測定

本海域の流速は最大 50cm/sec程度である。流れの測定にあたっては自動施設では5～150cm/sec，1目盛10°のプロペラ式測流計を用いた。船による観測の際は船を碇置して，表面は色素液もしくは紙片により，以深は東邦電探製CM-2型電気流速計（10～300cm/sec，10cm/sec目盛と10～150cm/sec，5 cm/sec目盛の2段切換式，1目盛10°）を用いて各m層ごとに測定した。

ここで問題となる点は，船の動揺である。折角碇を2丁使って船を定置しても，ウネリのために50cm/sec程度の上下動を行なうこともまれでない。もち論風による揺れもある。プロペラ式測器では，上下動によってもプロペラが回転し読取り値として表われる。冬期，風の吹く時などは，船が揺れない機会をねらって測定することなどは不可能に近く，流れと同程度またはそれ以上の見掛けの流速が生じてしまう。測定に当ってはこういった見掛けの流速値を最少限ならしめるよう，また測定値を使用するに当ってはこの点に留意したが，本質的にはこの補正は不可能である。船の上下動は採水層の決定にも関与する問題で，小型舟艇で浅海河口域を観測する場合何らかの方法で海中に固定点を設ける必要がある。例えば簡易迅速に組立られてしかも移動可能なやぐらの如きものを利用するのも一法であろう。

次に補充観測の測流結果に見るように，本海域の流れは水平，垂直的にきわめて区区である。すなわち流れそのものがきわめて局部的なものを含みつつ全体としてある動きを示している。そこで流れの測定にあたっては局部的なものと全体的なものを区別して摑むことが必要となる。局部的なものは短時間内の反復的なものが多いから連続記録をすることによって一応の区別は可能であろう。更に局部的な動きは水平の流れのみではなく，各方向への動きを含んでいる上に，流速そのものがきわめて小さい（多くは5 cm/sec以下）ので，固定点を得ること以外にも測定法そのものに工夫を要する。現在おもに使われている指向翼付のプロペラを吊下げる方法では，微流速に対するプロペラ感度や非水平方向の流れに対する方向測定に問題があろう。特にいわゆる微流速計の場合，吊下げ式では測器のゆれが致命的となる。また，全体の動きをは握する場合には時間空間的な測定頻度が問題となり，限られた測点におけるくりかえし測定という方法では不十分なことが多い。これらのことを解決するには根本的に測定技法を改める必要があるように考えられる。一例として局所的な動きは水中テレビを用いて対象物（例えば海中に周囲の水と同じ比重をもった着色液塊など

を放出する）の行方を追う方法とか，全体的な動きは発信ブイを漂流させて探知機で追跡する（この場合中，下層に発信ブイを漂流させる方法に工夫を要する）方法などが考えられるが，今後の技法の開発が望まれる。

4. 自 動 施 設

データーを取り始めてから一年余りの時点で資料の解析途次の現段階では，現今の自動施設の功罪をあげつらうには早すぎようが，一応現在までの経験から問題点をさぐってみよう。

先ず昇降式の検知部であるが，河口海域にあっては中間各層の測定は是非とも必要である。表層はブイ式，底層は底置式とすればよいが，中間層はブイからの吊下げ式では前述の固定点が得られぬので不適当である。昇降式は固定点という点では良いが，潮位差と検知部の取付枠の大きさから底部の2～3m層は測定できない。この層に対しては底置式の最底層検知部の上に底層用の検知部を連結すればよい。問題は昇降装置であるが，本施設のうち最も故障の多かったのはこの部分である。付着生物などのために摺動部の抵抗が増して昇降に大きな力を要し，モーターに過負荷がかかったり，深度検知部に付着生物がついて深度制御の作動が変調したりした。これらの点について一層の改良が望まれる。

陸上電源式は海底ケーブルに大きな経費を要するが，一たん設置すれば電力容量や維持管理などの面ですこぶる好都合である。この方式は測定記録部が陸上に設置しうるのでこれの管理が容易である。海上部は必要最低限の施設に止めるべきで，将来共海陸分離式が望ましい。ただし補助施設としての簡易型自動施設は海上部のみとして，移動が容易に行なえるようにする必要があろう。そのためにはブイ式が考えられるが，固定点をうるという点からは簡易やぐら式の方が適している。すなわち従来のやぐらは上に測定記録装置や電源などを乗せるためにかなり大型のものとなり移動に不便であるから，これらを一切水密式にして海底に沈め，やぐらの海面上部は標識程度にする方式の開発が望ましい。

従来の自動施設の測定対象は，自動的に測定記録しうる海況要因のみに限られている。他の要因，例えばプランクトンや栄養塩類とか河口海域で水質汚染などを問題にする場合の汚染因子などの測定には，多くの場合試水が必要となる。そこで自動採水装置を設置する必要が生じる。本施設には別途連続自動多層同時採水装置を付置して採水したが，この装置も使用モーター，付着生物などの点で改良すべき点が多い。

従来のやぐら式自動施設はいづれも半永久的海中構造物であるということから，かなり大規模なものが多い。これに対して深所ではやぐら式が不可能であるので，かえってより簡易なブイ式が採用されている。そこで経費や保守などの点ではむしろ浅海用の方が大がかりであるし，また可動性ということもほとんど望みえない。先に少数の自動施設を中心に，いくつかの補助施設を設けて一連の観測を行なうことを提案したが，主補両施設とも極力簡易化する必要がある。そのためには主施設といえども海上部は検知部のみとし，他は極力海底または陸上に移すことが望ましい。更に測定記録部もできるだけ小型軽重量化に努め，自動施設による海象観測がより手軽に行なえるように改善して行くことが普及の第一歩であろう。

II 各 論

1. はしがき

自動施設の記録については，1966年前半は不揃いであるので，'67～'68年に補足観測中である。従って本報では'66年4月～'67年3月における各月1回の補充観測時のものを中心として取扱い，通年の変化および'67年4月以後については後報する。内湾海域にあっては成層期と非成層期の区別が明瞭で，本海域では4月下旬～9月末までは成層が認められる。そこで先づ，両期の代表として8月と11月の月例補充観測を対比して述べ，ついで月例補充観測による河口沖合海域の通年の海象変化と自動施設資料による特定期間の連続変化について述べる。

2. 成層期の河口海域の海象

第5回月例観測は，'66年8月22～23日（月令5.6～6.6）に行なわれた。航走観測はSt. 2～10を22日10：40～12：21〔H－3.6～1.9（満潮前3.6時間～1.9時間以下同様）上潮中期〕，13：35～15：28（H－0.7～＋1.2，

満潮時), 16：35～18：11（L－3.7～2.1, 下潮中期), 23日08：38～09：55（L－0.2～＋1.1, 干潮時）の4回くりかえした。定置観測（以後A点と称す）は22日10～18.5時と23日7～11時に行なった。自動施設観測（以後T点と称す）は流れのデーターが取れなかった。22日の満潮は01：29で，潮差は順次－266cm，＋245cm，－186cm，＋182cm，－231cm，＋216cmであり，22～23日は午前の潮差は午後の潮差に比べて約70cm大きい。

Fig. 8. Diurnal change of factors of sea condition at station A and T, August 22—23, 1966.

太田川流量は玖村の値で，1966年の年平均流量は82m³/secで，'58～'67年の10年平均75m³/secに比べてやや多い年であった。8月の月平均は40m³/secで，10年平均の58m³/secにくらべてかなり低く，平水量と低水量の中間である。調査日付近は20日：89.3，21日：56.8，22日：45.1，23日：39.7，で，調査日前3日の流量平均値$\overline{Q}_3$は63.7m³/secとなる。

降水は，広島気象台の測定では19日：18mm，23日：3mmである。広島の降水量で20mm程度のものがあると，当日または翌日に玖村で流量増が見られる。広島の降水量は1931年～'60年の平均で年間1,600mmで，月別には最大が6，7月の250mm，最小は1月の45mmとなっている。'66年8月は計50mmで，長年平均116mmにくらべて半分以下である。今回の調査は19日の降雨で20日に年平均流量程度の流量にふえたものが以後急減し，

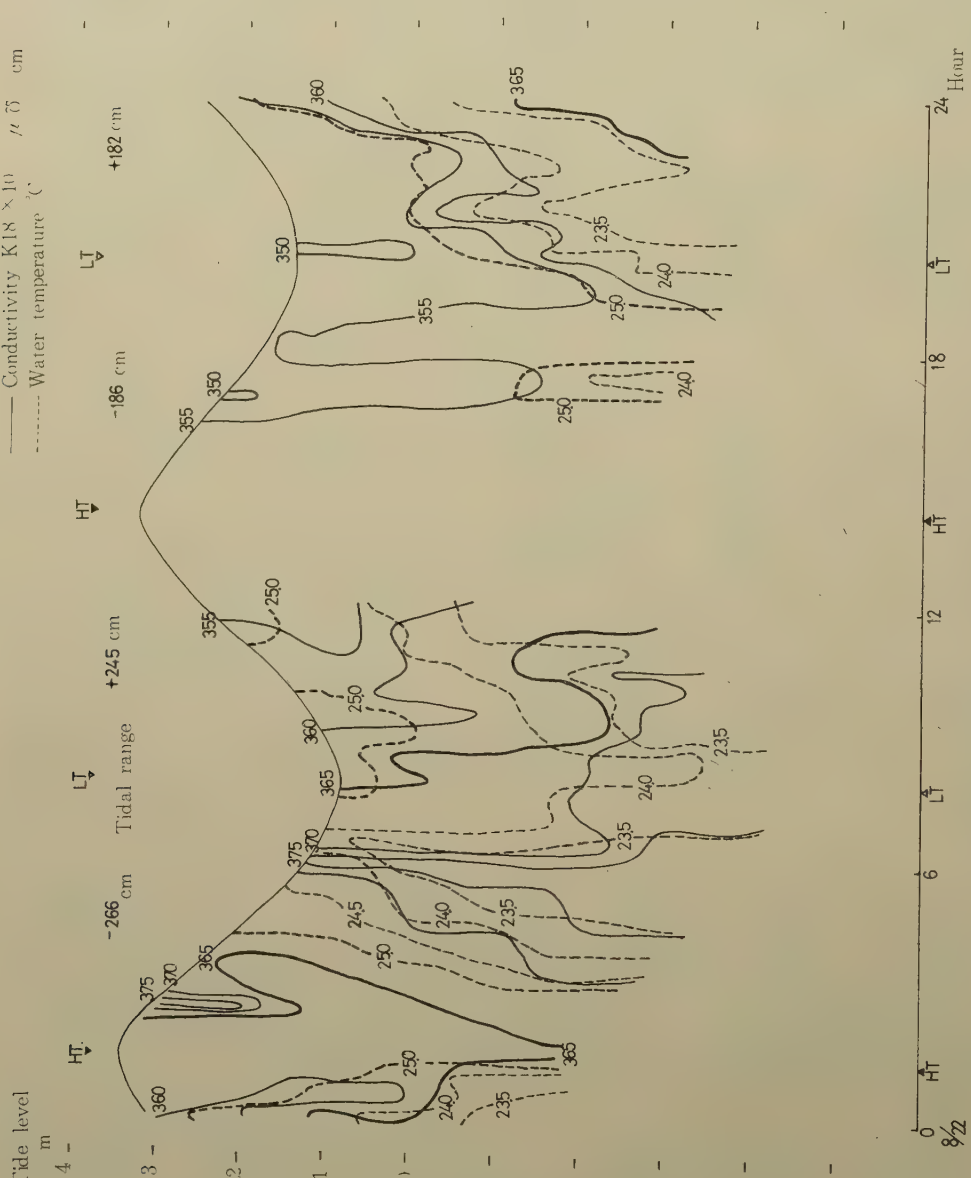


Fig. 9—1. Diurnal change of factors of sea condition at station T, August 22, 1966.

40m³/secにまで落ちた時に行なったものであり，$\overline{Q_s}$としては太田川８月の平常の流量値に近い。

気温は25～30°C，風は10～18時は海風（最大SW：３）が，18～10時には山風（最大NE：５）が吹いた。すなわち調査日は風がやや強く吹いた外は，気象，河川流況とも平常状態に近いものであった。

Fig. 8. に８月22日～23日の潮位，気温，A，T点の表面水温電導度を示す。

気温．表面水温の関係は22日の５時までを除いてはすべて気温が高く，最大較差は６℃に達する。高温期における両者の関係は，日中は気温の方が大きく，夜間は水温の方が大きいのが通例である。'67年８月16～17日に広島湾奥海田湾の猿猴川河口で行なった河口沖400mの地点での定置観測でも，20時と11時に逆転があり，最大較差は夜間で，水温の方が７℃高く，昼間は気温の方が2°C高かった。A，T点では７月および

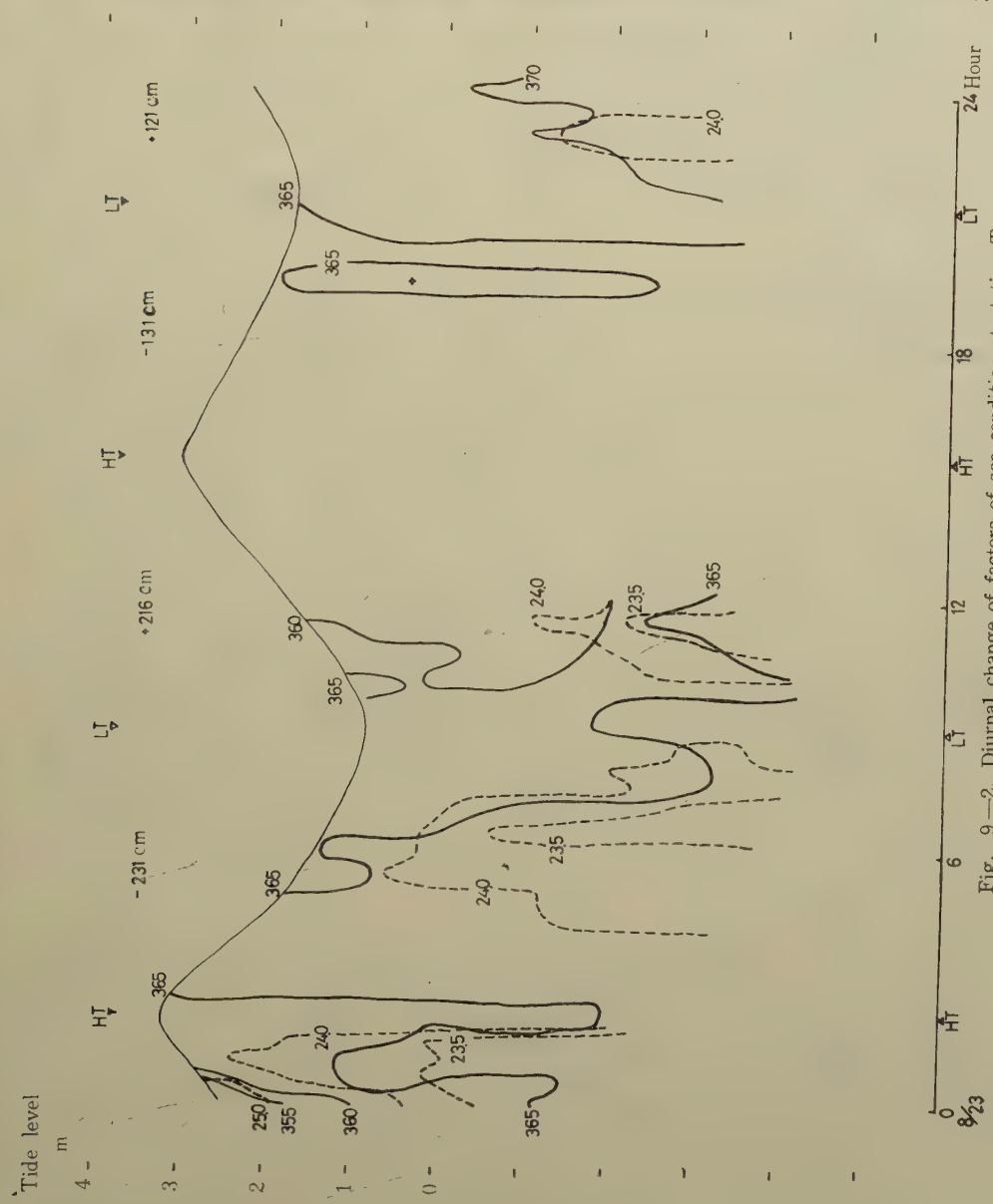


Fig. 9—2. Diurnal change of factors of sea condition at station T, August 23, 1966.

9月には，18～19時と9～10時に逆転が見られるが，猿猴川河口にくらべると不明瞭である。これは夜間に気温があまり下らないことによっていると思われる。T点の表面水温は24～26℃で，25℃を切るのは22日には4時～7時であるが，23日は1日中である。A点もT点に準じた変化をしている。

表面電導度はA点とT点では大いに異なる。T点では潮候にほとんど関係なしに36,000$\mu\sigma$/cm付近であるのに対し，A点では明らかに潮候による変化が認められ，23日朝の下潮では30,000まで下り，つづく上潮では40,000まで上る。22日昼の満潮でも40,000に達している。T点では下潮末期にやや高くなる傾向がある。

A点における透明度は3～5mであるが，表面電導度とほとんど同一傾向の変化を示し，36,000$\mu\sigma$/cmが4mにあたる。

Fig. 9，1—2にT点における22～23日の水温・電導度の時間変化を示す。24℃と36,500$\mu\sigma$/cm，25℃と36,000$\mu\sigma$/cmが大体一致する。22日は23.0～26.5℃，34,500～37,500$\mu\sigma$/cmの間を変化するが，23日は22日にくらべ水温電導度共変化に乏しく，23.0～24.8℃，36,000～37,000$\mu\sigma$/cmの範囲内である。すなわち23日は22日に比べ低温高塩分であり，河川水の影響を受けた高温低塩分水の影響の程度が少ない。これは潮差が約40～60cm少なくなったことと，河川流量が6 m^3/sec減ったこと，更に前日にくらべ東寄りの風が強く吹いて河川流下水を西方におしやったことなどが影響しているものと思われる。

水温は昼夜にかかわらず下潮前半期には中層まで25℃以上となるが，他の潮候は2m層以深は24°C以下となる。

電導度は中層以深では36,000$\mu\sigma$/cm以上であるが，以浅では上潮時に低下し，下潮時に上昇する傾向がある。これはT点の位置が河口正面を外れていることのほか，後述する河口塩分分布からわかるように，すぐ東側に高塩分水塊が全潮時にわたって存在するために，直接河川水流下経路にあたるA点が下潮で電導度が下るのにくらべて，下潮時はむしろ東方からの高塩分水が回りこみ，上潮時になって前の下潮で河口正面沖にあった低塩分が北流してT点付近に来るためと思われる。昭和40年度の報告で，T点の電導度の変化が1日周期を示すことを述べたが，これらのことはT点の地形的特性を示すものであり，かつ河口域の海象の複雑さを示す一例といえよう。

成層は全般に発達せず，わずかに夜間の上潮期に0.6℃/mの温度傾斜をもつ水温成層が認められるのみである。（T点の流れの資料はとれなかった。）

Fig. 10.にA点における水温，電導度の，Fig. 11.に同じく流向流速の時間変化を示す。

A点では温度成層が明瞭に認められ，表底層の差は3.5℃に及び温度傾斜は0.2°C/m，5m層に躍層が出る。電導度は中層以深では41,000～42,000$\mu\sigma$/cmの水が占めており潮候による変化はない。表面電導度は23日朝の低潮前2時間に最低3,000$\mu\sigma$/cmを示す。流れは5m以浅と以深で遡上流の現れる期間が異なり，以浅では22日昼の満潮時前後2時間ずつであるのに対し，以深では2時間前方にずれ，上潮末期に北寄りの流れが生じ満潮を境に転流する。風は12時までNE：4が吹き，後衰えて13時まではNNE：2で，以後南寄りに変った。従って表層で上潮期にもかかわらず0～12時までにS～SW：10～30cm/secの流下流が見られたのは風の影響も加わっていると考えられる。下潮後期は表層に20～40cm/secの流下流を生じるが，末期には2m以深はすでに遡上流に転じ，干潮時には0～2m層と5～10m層に10cm/sec程度の流下流があるが，他は遡上している。

すなわちA点では0～2m層は満潮時前後の3時間ぐらい遡上するだけで，他は流下し，この流下水塊は39,000$\mu\sigma$/cm以下である。2～5m層は流下期間が下潮中期の3時間ぐらいだけで，流速も流下流が10cm/sec以下であるのに対し遡上流は20cm/secを越える。5～10m層は逆に遡上期間が上潮後期のみであり流下流は最高30cm/secに達する。しかしこの電導度は40,000$\mu\sigma$/cm前後で，河川水の第一次影響を受けていない水塊である。10m層以深は上潮期遡上し下潮期流下するが，流速はいずれも10cm/sec以下である。従ってA点での水塊流動の特長は，下潮末期に低塩分水塊の流下する表層以深ではすでに転流し，5～10mの中間層に流下流がとり残されていることであろう。

Fig. 12.に航走観測各回の表面の水温，塩素量，流れの分布を示す（St. 2～10は電導度を測定せず）。

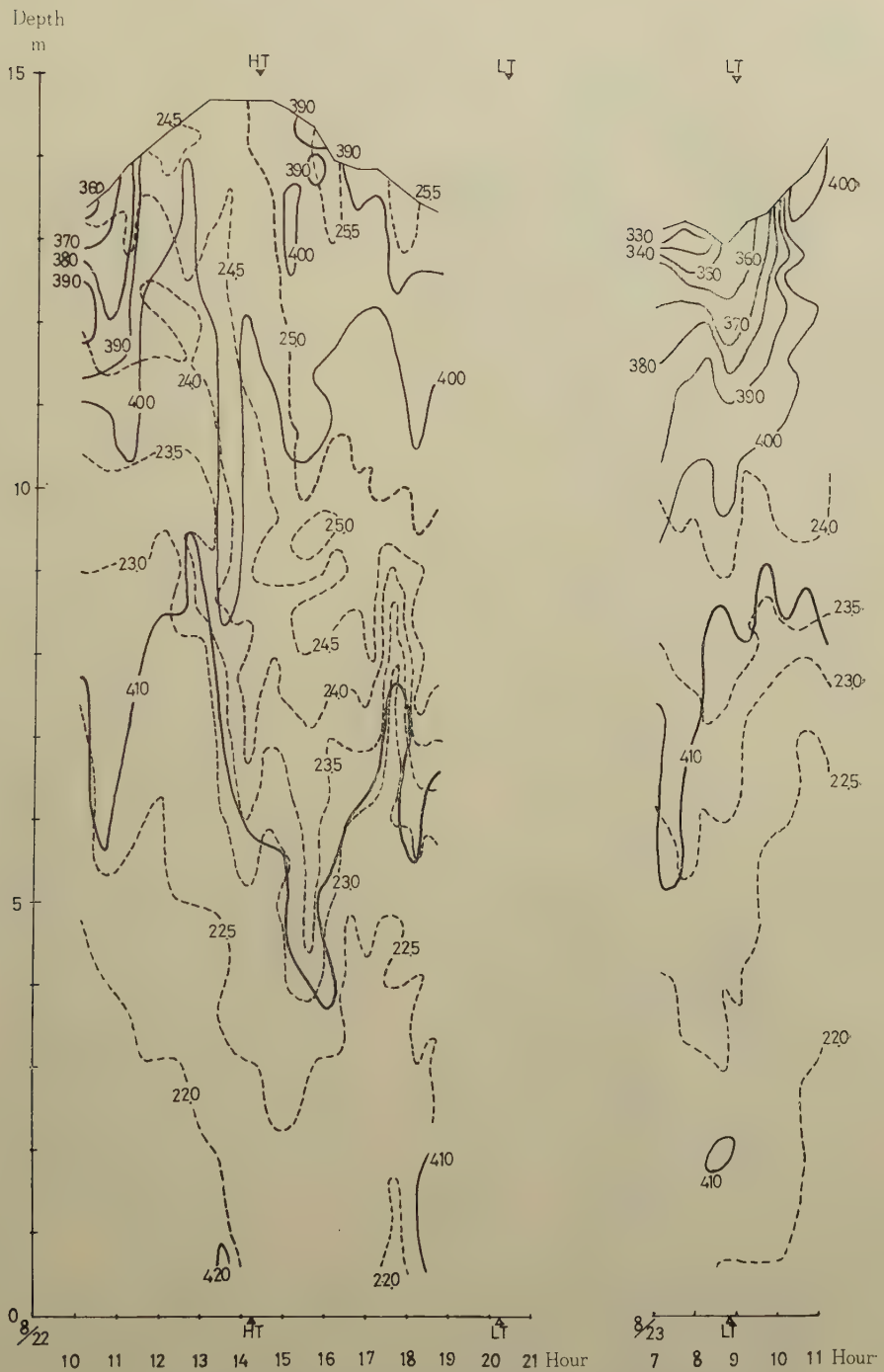


Fig. 10. Diurnal change of factors of sea condition at station A, August 22—23, 1966, symbols are same as in Fig. 9.

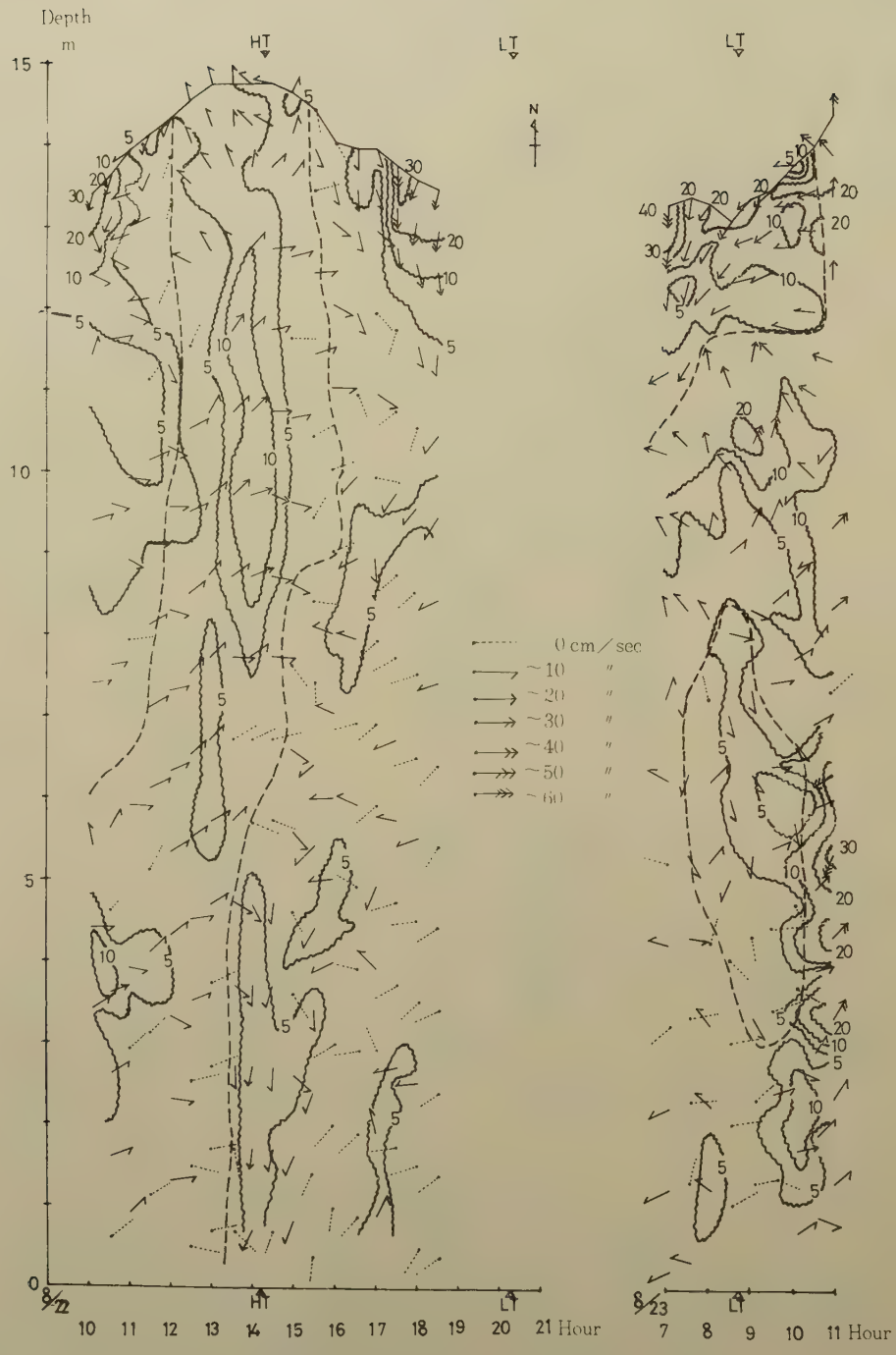


Fig. 11. Diurnal change of current direction and velocity at station A, August 22—23, 1966. Figures denote current velocity in cm/sec.
.....Boundary of flood and ebb current

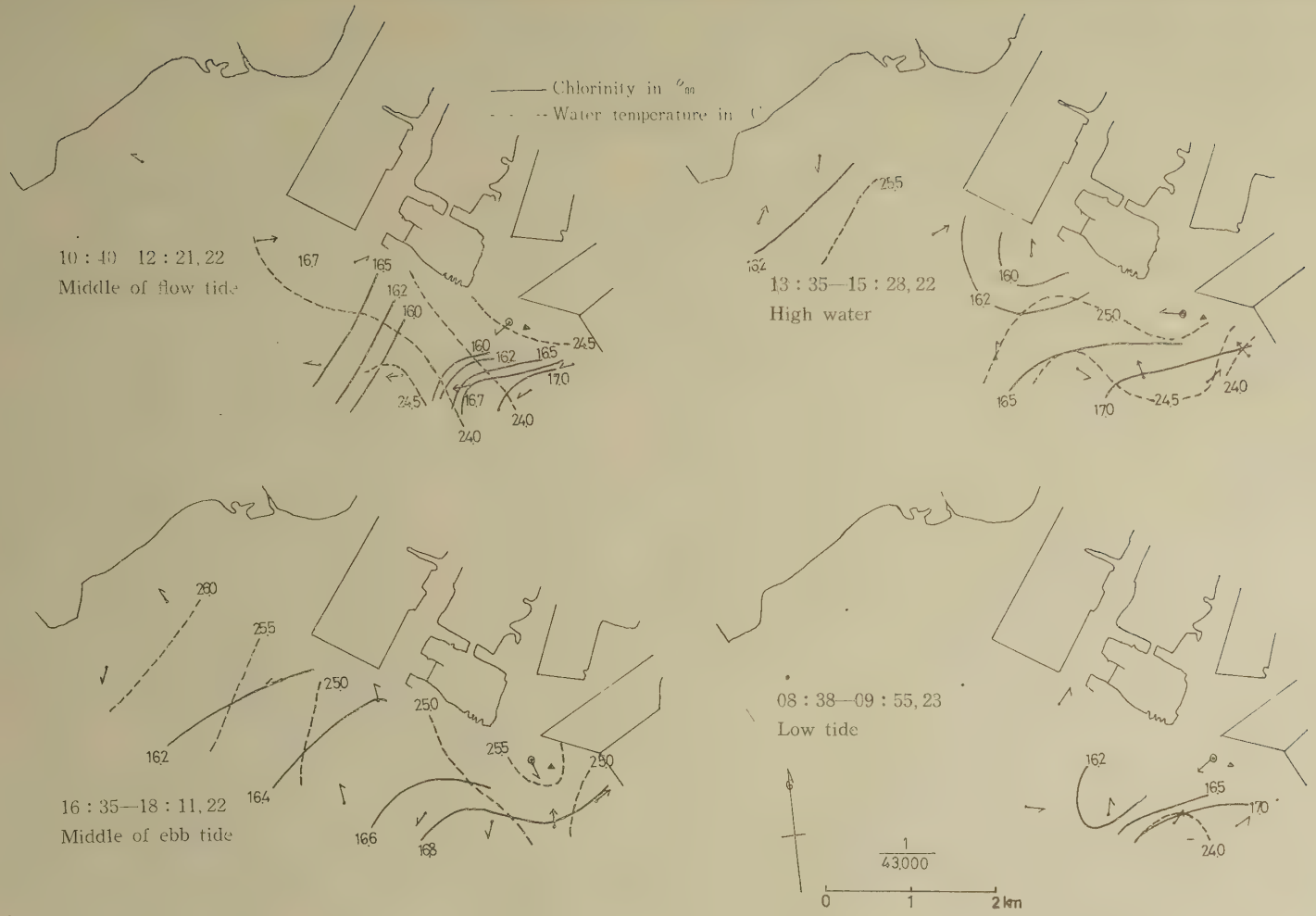


Fig. 12. Horizontal distribution of surface water temperature, chlorinity and current in supplemental investigation, August 22- 23, 1966, symbols of current are same as in Fig. 11.

上潮中期（H 1.9～3.6）はNNE：3の風が吹いていたので表層は西～南西流し，St. 4，5でのみ溯上流に見られる。すなわち表層では16.5%以上の高塩分水塊が西南方沖合から天満川，放水路を目指して侵入してきている。一方広島湾表層には16.5～17.0‰の高塩分水があって西流し，本川河口沖には16.0‰以下の低塩分水塊が存在する。5m層以深は西流し，やや低塩分であるが東流はすべて17.5‰である。

満潮時（H—0.7～+1.2）には風はS～SW：1～2となった。従って表層の溯上流は強められ，16.2‰以下の低塩分水は河口沖1km以内に押しつけられている。なお，西部沿岸には1m層まで16.2‰以下の水塊が存在している。

上潮中期（L—3.7～2.1）は風はほとんどなかった。各河口から低塩分水がしきりに流下しており，表層では西部の方がより低塩分である。5m層でも河口沖1kmまで17.0‰以下となる。

干潮時（L—0.2～+1.1）はE：4の風が吹いたので，潮と風が逆になり測流はきわめて困難であった。本川河口沖表層も16.1‰に下った。東部は干潮を過ぎて溯上しだしている。

10倍稀釈（被稀釈水として測定Cl中の最高値St. 10，16m層L+0.1の17.3‰をとると16.0‰となる）以下の低塩分水は，上潮後期のSt. 5～7，満潮時のSt. 5，下潮中期のSt. 2，と干潮時のSt. 5の表層に現われるだけである。すなわち河口沖500m位のSt. 5でもほとんど現われることがない。これは河川流量がきわめて少ないときの観測であったことによるものと思われる。

3. 非成層期の河口海域の海象

第8回月例観測は'66年11月18～19日（月令5.5～6.5）に行なわれた。航走観測はSt. 4～10を18日10：17～11：47（L+3.1～4.5，上潮中期），12：44～13：33（H—1.4～0.5，上潮末期），14：27～16：48（H+0.3～2.6，下潮初期），19日07：05～03：08（L—0.9～+0.1，干潮時），09：36～10：53（L+1.6～2.9，上潮中期）の5回行なった。

A点の定置観測は18日11時～19日11時に行ないT点の資料は18日の8.5，9，9.5時と19日の14～19.5時までが欠けている。18日の満潮は00：10で，潮差は順次—218，+253，—137，+77，—166，+212，—119，+49cmである。午前の潮が大きく午後の潮は小さい。特に夜中の上潮は潮差がきわめて小さく期間も4.5時間にすぎない。

太田川の流量は，16日45，17日59，18日59，19日45m^3 secで，$\overline{Q}_3$は54m^3 sec，'66年11月の月平均流量は40m^3 secで10年平均も大体同じくらいである（11月は年間の最低流量月）。降水は17日に34mmあり13日以来の計57mmに達する雨のために（広島の11月の降水量は30年平均で67mm）流量が13日の28m^3 secから増して18日には山となり，以後減水したした時にあたる。気温は6～13°Cで平年並み，風は18日12～18時にS～SW：3～2と19日12～13時にE～SW：1～2となったほかは一貫してN～NE：2～3が吹いていた。

すなわち観測日は降雨後の増水時で，北寄りの風がやや強く吹き，小潮で特に夜の潮が小さく河川の流入が多い割には潮汐による動きが少なく，低塩分水が停滞しやすい条件下にあった。

Fig. 13.に表面状態を示す。水温はT点では低潮時（塩分低下期）にやや下るが，19.0～20.6°Cの間でほとんど変らず，A点では低潮時に大幅に下り特に夜明けの下潮期には14°Cまで下る。気温と水温の逆転は見られない。両者の差は14時頃最少で1～2°C，6時頃最大で8～14°Cに達する。電導度は8月に比べて河川流量が多いためにT点でも潮候に応じた上下を示し，10,000$\mu\sigma$ cmの日較差が見られる。A点では両者の対応はさらに著しい。電導度計の故障のため19日3時～10時までは採水塩検測温を行なった（7時からは両者併用）。19日朝の干潮前2.5時間に最低塩素量7‰が現われる。この時は水温も最低値を示し，河川水が海水にくらべ5°C以上低温であることがわかる。透明度は潮候に応じた変化を示し，満潮時には6m以上となり低潮時には4m以下となる。すなわち増水による河川水の濁りの影響が認められる。

Fig. 14. 1—2にT点における18～19日の水温，電導度の，Fig. 15. 1—2に同じく流向流速，風の時間変化を示す。水温は主として0～0.5m層でのみ前述のような変化を示すが，低潮時には2m層までやや降温する。表層以深は20.0±0.3°Cで垂直変化も時間変化もほとんどない。電導度が38,000$\mu\sigma$ cm以下となる

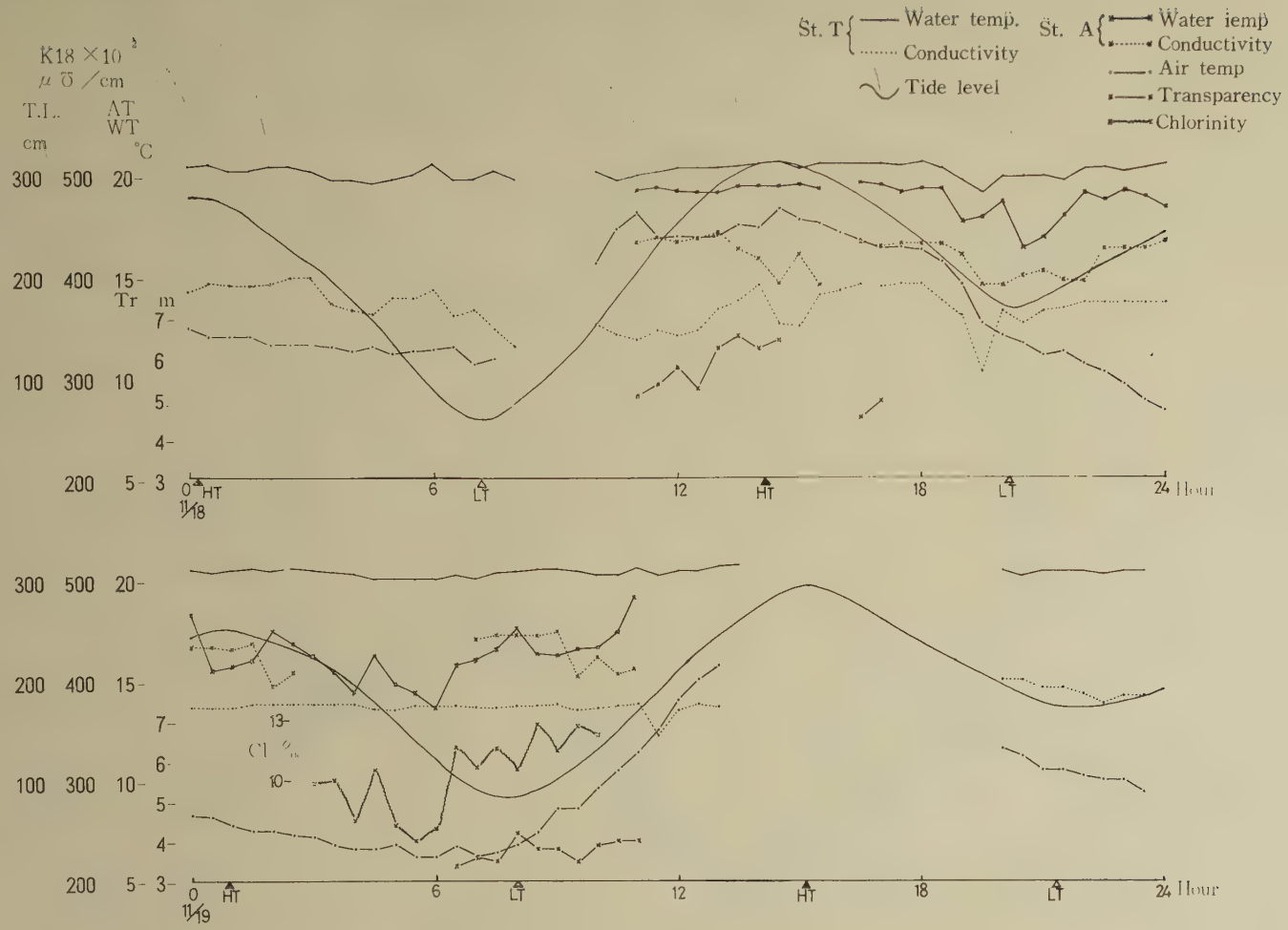


Fig. 13. Diurnal change of factors of sea condition at station A and T, November 18—19 1966.

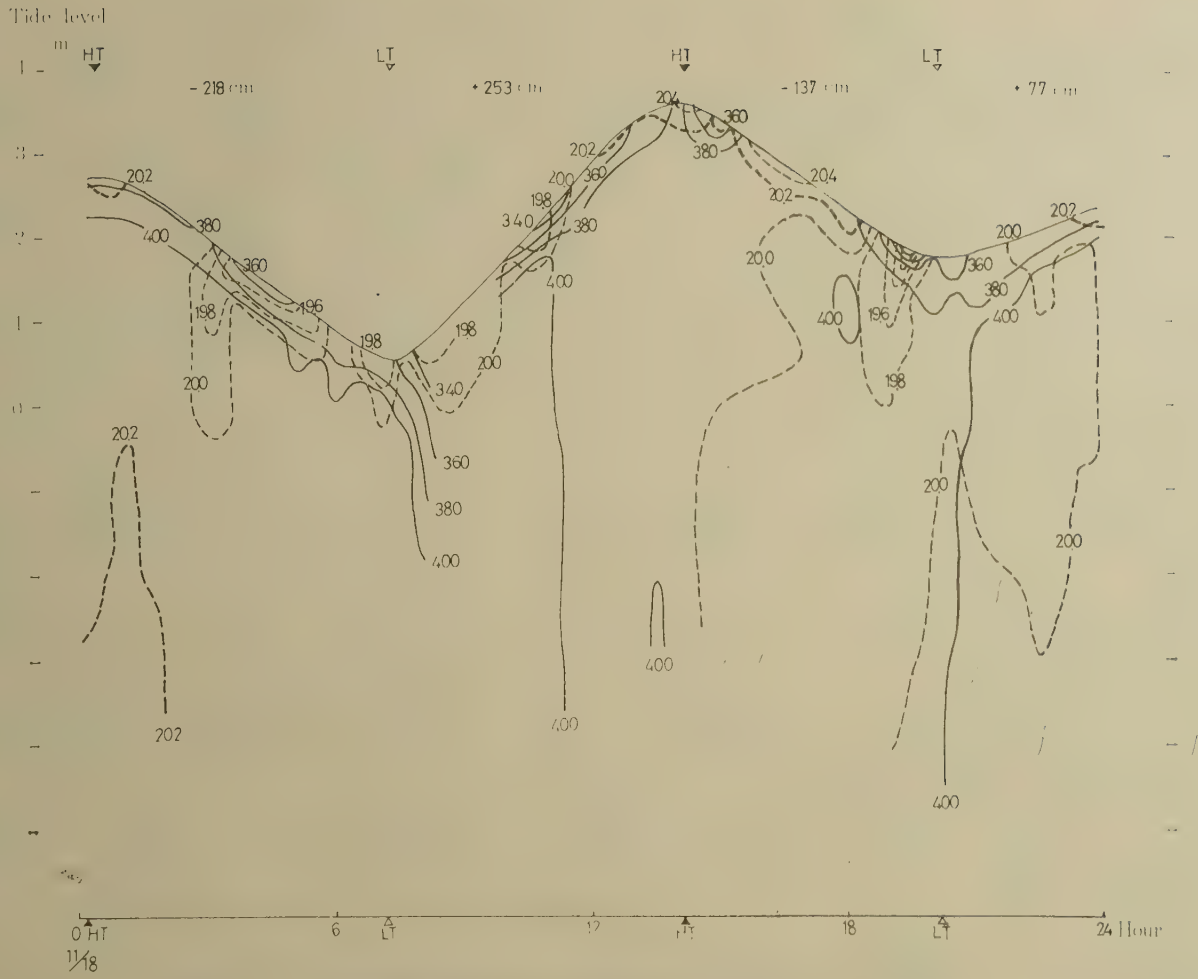


Fig. 11 1. Diurnal change of water temperature and conductivity at station T, November 18, 1966, symbols are same as in Fig. 9.

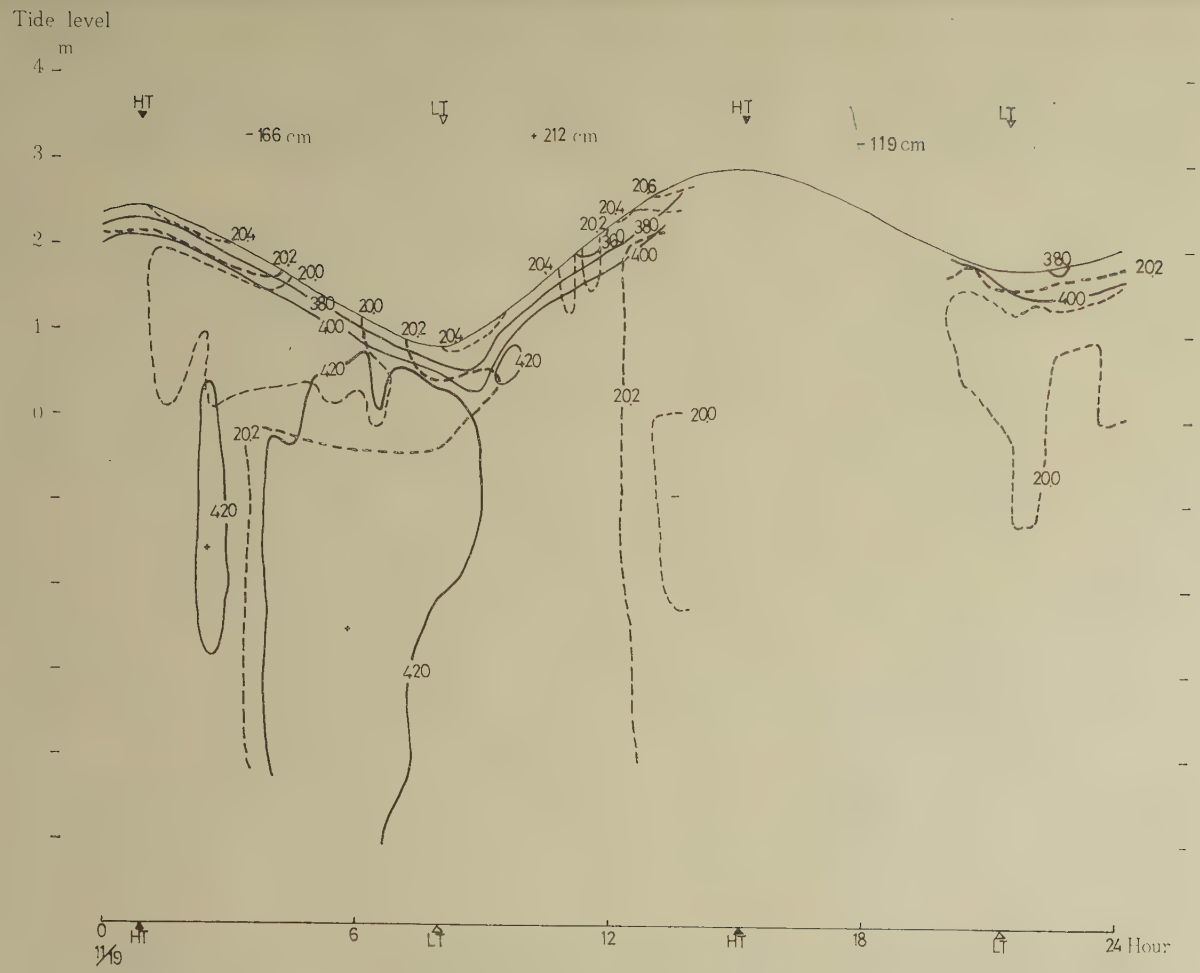


Fig. 14—2. Same as 14—1, November 19, 1966.

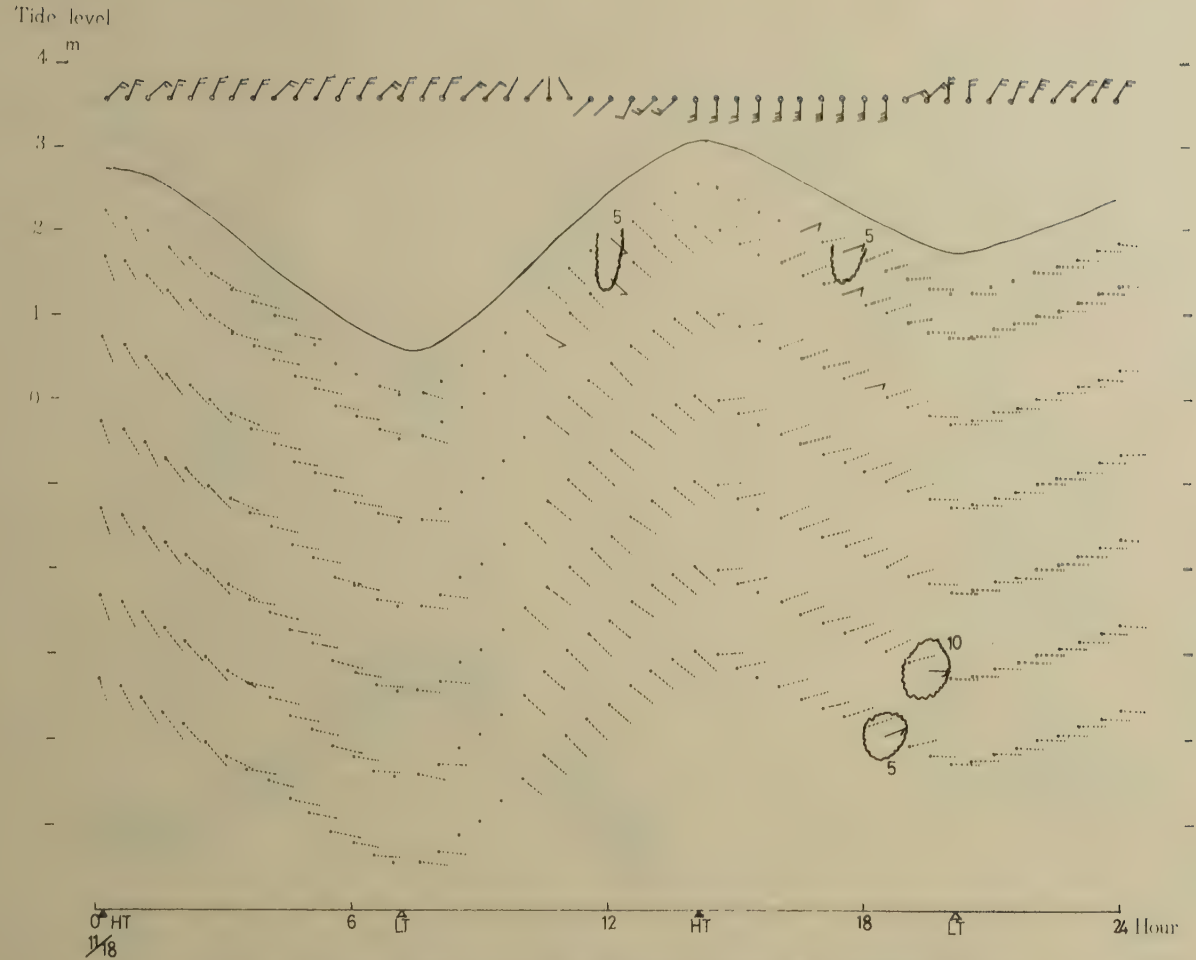


Fig. 15 1. Diurnal change of wind and current at station T, November 18, 1966,
·····symbols of current direction and velocity are same as in Fig. 11.
∫ Wind direction and force

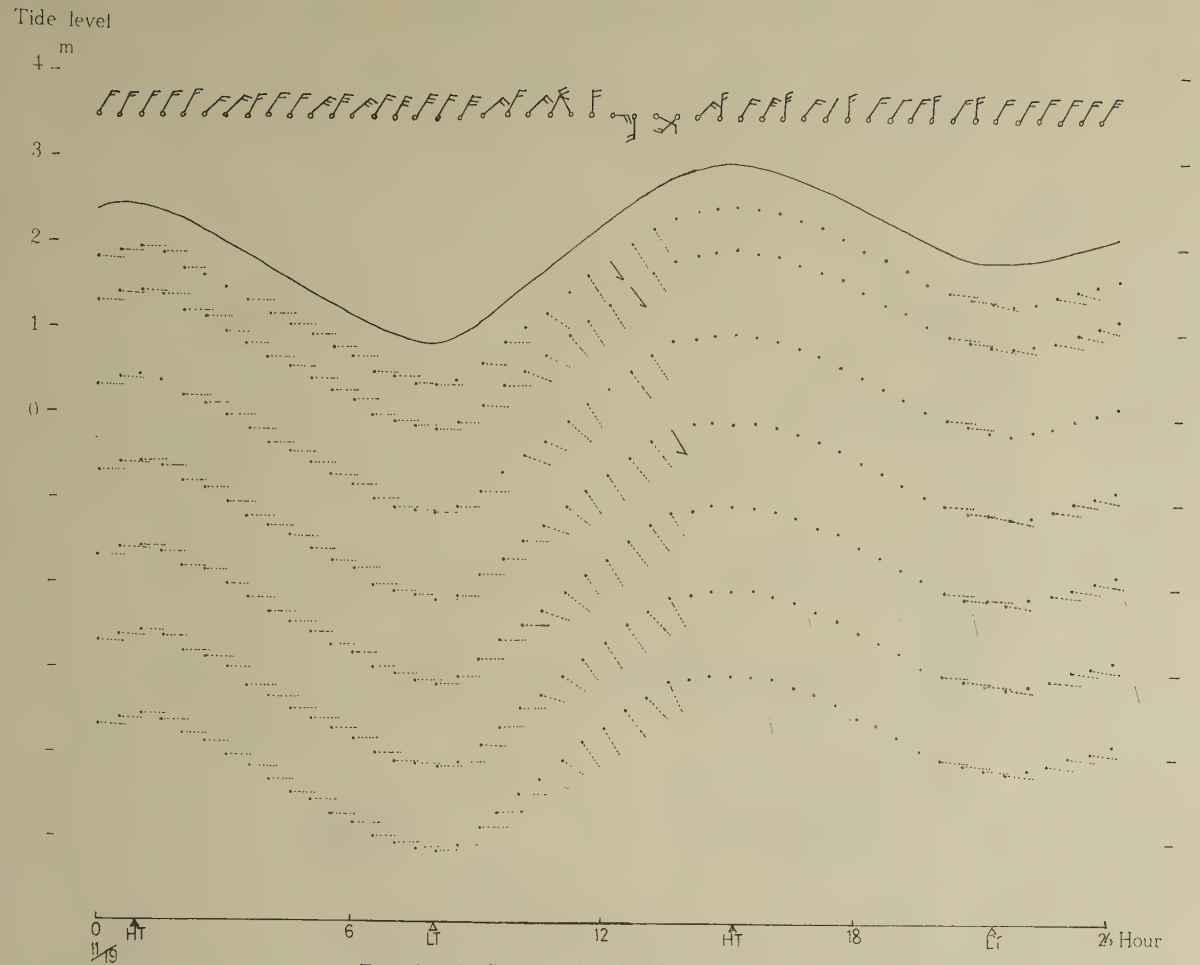


Fig. 15—2. Same as 15—1, November 19, 1966.

のは0.5m層以浅であるが，18日朝の低低潮時には2m層まで下る。0.5～6m層はほとんど上下の差がなく40,000$\mu\sigma$/cm前後であるが，河川流量が減った19日になると41,000$\mu\sigma$/cm以上が潮時に関係なく現われる。河口近傍の点の塩分が河川流量に強く影響されていることを示す例である。流れは全期間を通じてきわめて弱く，最大流速は10cm/secにすぎない。流向は0.5～6m層では上下の差はほとんど見られない。上下潮共

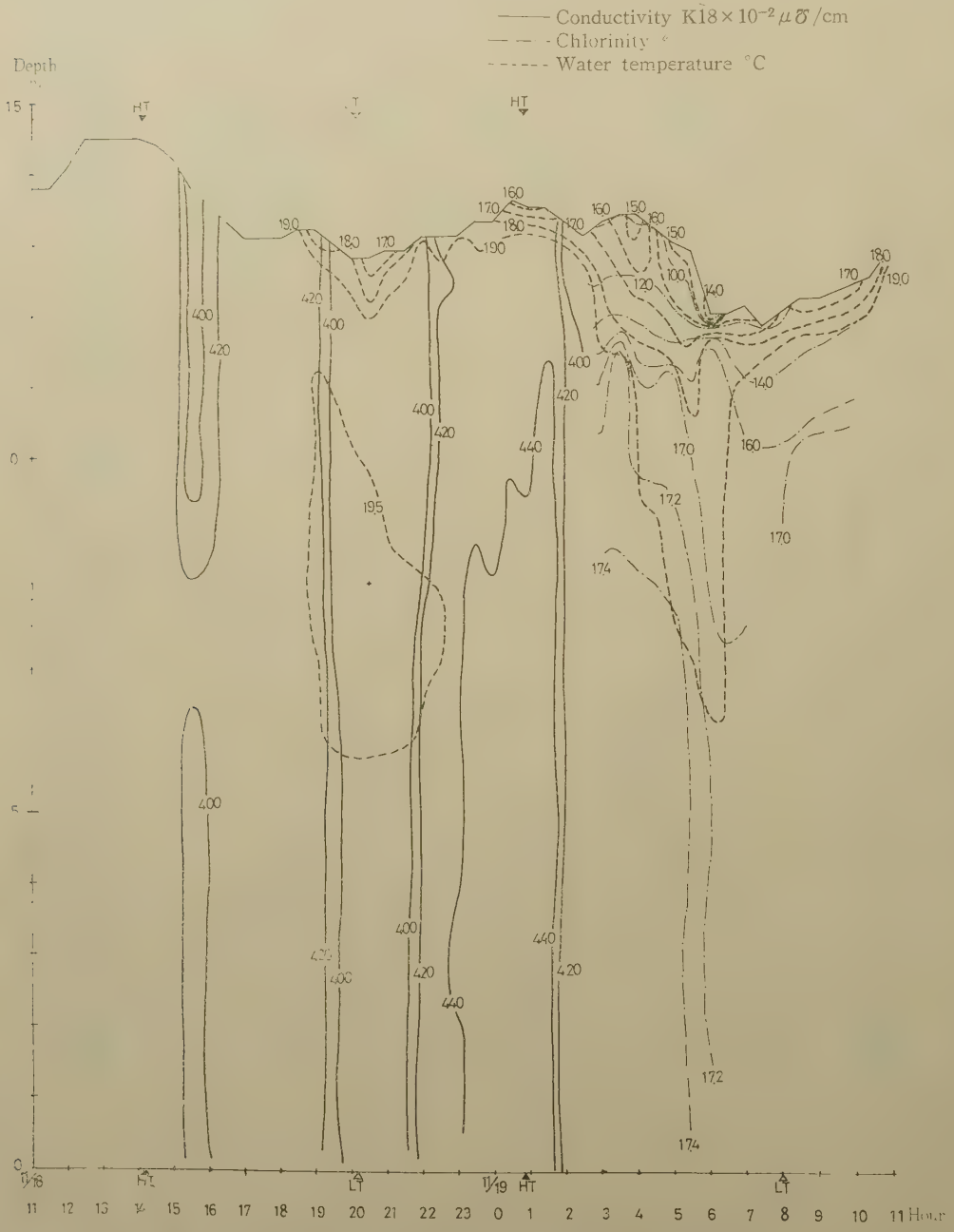


Fig. 16. Diurnal change of factors of sea condition at station A, November 18–19, 1966.

潮差の大きい時は東南流し，潮差の小さい時は東流する。干満潮時は憩流する。極表層の測流値を欠くが，少なくとも0.5m以深の中層では上潮時に侵入する高塩分水のために，下潮時は流下する河川水の影響でどちらもSt. 9の方向に流れる（他の月例観測では西寄りの流向が現われる時もある）。

Fig. 16にA点の水温電導度の，Fig. 17.に同じく流向流速と風の時間変化を示す。水温は大部分が19.0～

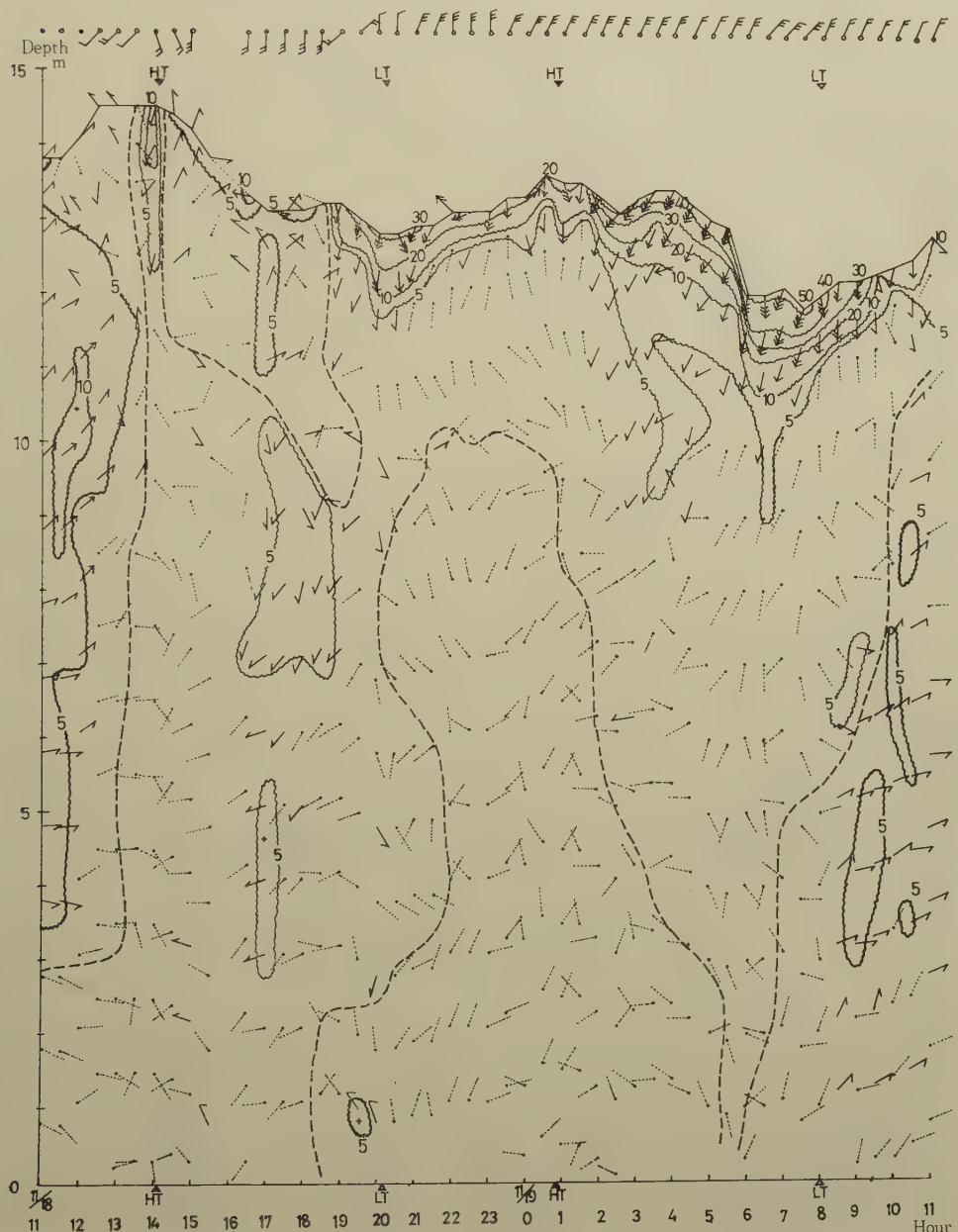


Fig. 17. Diurnal change of wind and current at station A, November 18—19, 1966, symbols are same as in Fig. 11.

19.6℃であるが，夜間の0～0.5m層は降温し，特に潮差の大きい19日午前の下潮では河川水流下と相まって14℃以下に下る。電導度（塩素量）も上下一様に時間的変化をするが，19日午前の下潮～上潮初期には上層に低塩分水が来て，Cl 16‰線は2m層に，12.0‰線は下潮中期には1m層にある。潮差の小さい18日夜の干潮前後の2時間も全層を通じて42,000$\mu\sigma$/cm以下となる。これは成層期で，しかも河川流量の少なかった8月には見られなかった現象である。流れはT点とは全く様相が異なり，表層に強い流下流が見られる。

高高潮に至る上潮では底層は初期から，上中層は中期以後遡上し，中期には中層で10cm/secに達する北東流が見られる。これは外部からの侵入高塩分水の先端部（19°C 44,000$\mu\sigma$/cm）で，一部は河川へ遡上する。末期の底層は転流して南東流となる。すなわちこの上潮では底層のみ転流が2時間ほど早い。続く高低潮に至る下潮では，表層は転流せずに初期は遡上を，中期以後は北東進するがいずれも流速は5cm/sec程度である。中層以深は弱く流下する。次の低高潮に至る上潮は，潮差も時間も少ないので極表層は20～30cm/secの速さで流下し，3m層までは上潮全期間流下する。このため北進する流れは底層では干潮前から，中層では干潮時に転流しているが上層にまではおよばない。

次の低低潮に至る下潮は潮差，時間共に大きく，表層の流下流は最も強く，最大流速は干潮前2時間に50cm/sec以上となり，10cm/sec以上の流れは1m層までおよぶ。中層以深も流下するが，中期までは底層も北西流し最盛期にわずかに南流する。末期には北流に転じ，冒頭の高高潮に至る上潮につづく。T点の流れと比較すると，A点で盛んに流下する時にはT点は中層まで東流し，A点で全層北進する。上潮時には南東流する。すなわち河川流下期には流下流の分派がT点を東進し，高塩分水塊の侵入期には出島に当った反流がT点を南東進する。

Fig. 18, 1—5に航走観測各回の断面Ⅰ（河口沖500m St. 4—5—A—9），断面Ⅱ（河口沖1.5～2km St. 6—7—8—10）における水温，電導度，流れの垂直断面図を示す。18日の上潮中期（H—3.9～2.3）は無風であった。上潮流はSt. 6のさらに西方を中心に侵入して来るので，断面ⅡではSt. 8の2～6m層に北東流が見られるのみで，42,000$\mu\sigma$/cm以上の高塩分水はすべて東～南に流れる。断面ⅠではSt. 9の0～5m層には10cm/secの低塩分水の南下が見られるが，他の点では底層以外は北寄りに流れる。底層はいずれも東に向かう。19日の上潮中期は潮相がH－5.5～4.3で，18日の上潮中期に比べて2時間ほど早く，上潮初期の終りから中期の初めにかけてである。上潮潮差は19日の方が41cm少ない。風はNE：2が吹いていた。19日の場合は潮相が早いのと風のために，0～0.5m層では河口から南西に38,000$\mu\sigma$/cm前後の低塩分水が10～20cm/secの速さで流出している。しかしこれはごく表層だけのことで，それ以外は18日の時よりも侵入の流速は大きい。特にSt. 9では表層に10cm/secの北流がある。上潮初期には10m層以浅での高塩分水の侵入は中期よりも強いことがわかる。上潮末期（H－1.4～0.4）になると，S～SW：2の風が吹いて来た。流れは衰え，特に断面ⅡではSt. 7の表層が北東流するほかは全般に止まり，断面東部への低塩分水の流下が増してくる。下潮初期（H＋0.3～2.6）も引続き同様な風が吹いた。断面Ⅰでは塩分分布は上潮末期とほとんど変らず，A点は風の影響で1～2m層が北流するが，他は5cm/sec以上で流下しだした。断面Ⅱでは東部表層のみ北流するが，他はSt. 6の5m層を中心に強く南流する。初期には低塩分水の流下は本川河口より天満川河口沖の方に著しい。下潮末期（L－0.9～＋0.1）には，NNE：3が吹いている。この下潮は前の下潮より潮差が30cm大きい。断面Ⅰは低低潮時に当り，河口では1m層以深に10cm/sec以上の速さで低塩分水の流下が見られる。これは断面Ⅱの1m以浅に続いており，35,000$\mu\sigma$/cm以下の低塩分水が宮島瀬戸方面に向かう。しかし1m層以深にはすでに低潮前30分ごろからSt. 7～8を中心に高塩分水の侵入が見られ，特に10m以深には42,000$\mu\sigma$/cmのものが10cm/secで北東流してきている。

垂直断面図に見られるように各点とも表層に流下低塩分水が，底層に侵入高塩分水が見られるのを除くと，水温，塩分の垂直変化に乏しい。河口海域であるので，河川水流下による成層は当然であるが，8月に比べて成層状態に大きな差が見られる。ただし，筑後川河口のような強混合域に比べれば非成層の状態は弱い。

Fig. 19.に以上の水塊流動を上，下潮時，表および中，下層にわけて模式的に示す。上潮時に河口から低塩

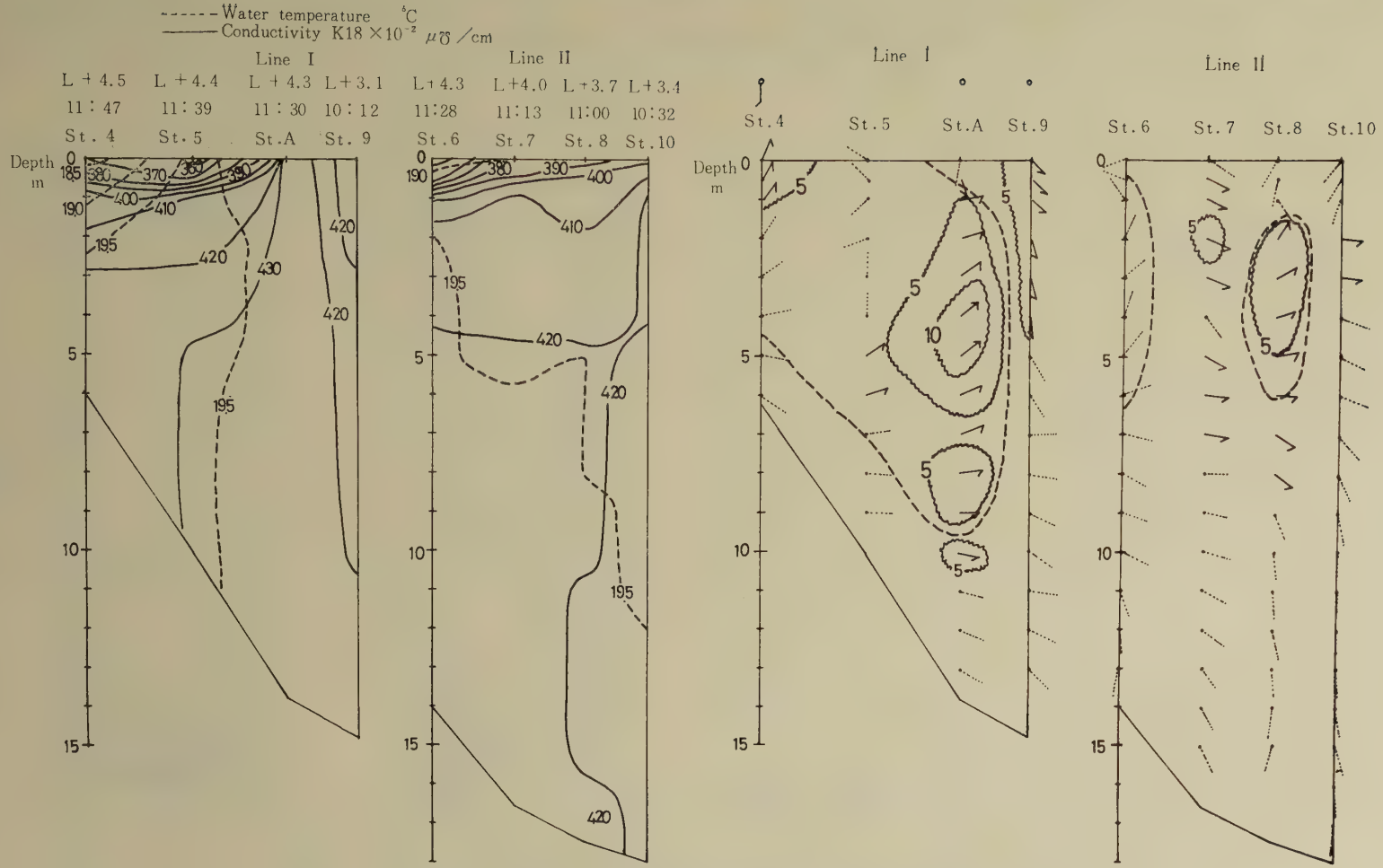


Fig. 18—1. Vertical distribution of factors of sea condition in supplemental investigation, November 18, 1966, symbols of current direction and velccity are same as in Fig. 11. Middle of flow tide.

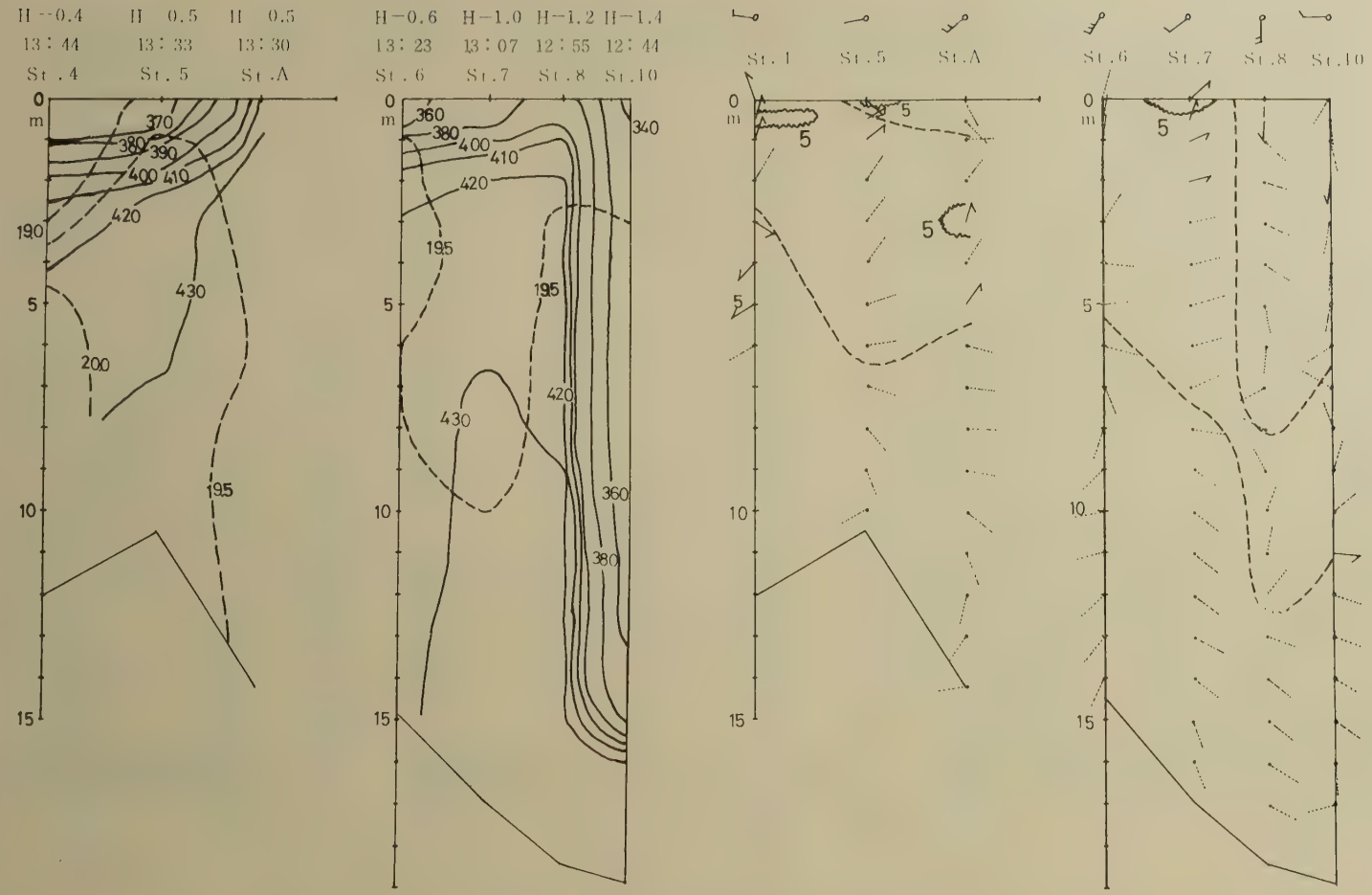


Fig. 18—2. Same as 18—1, November 18, 1966. End of flow tide.

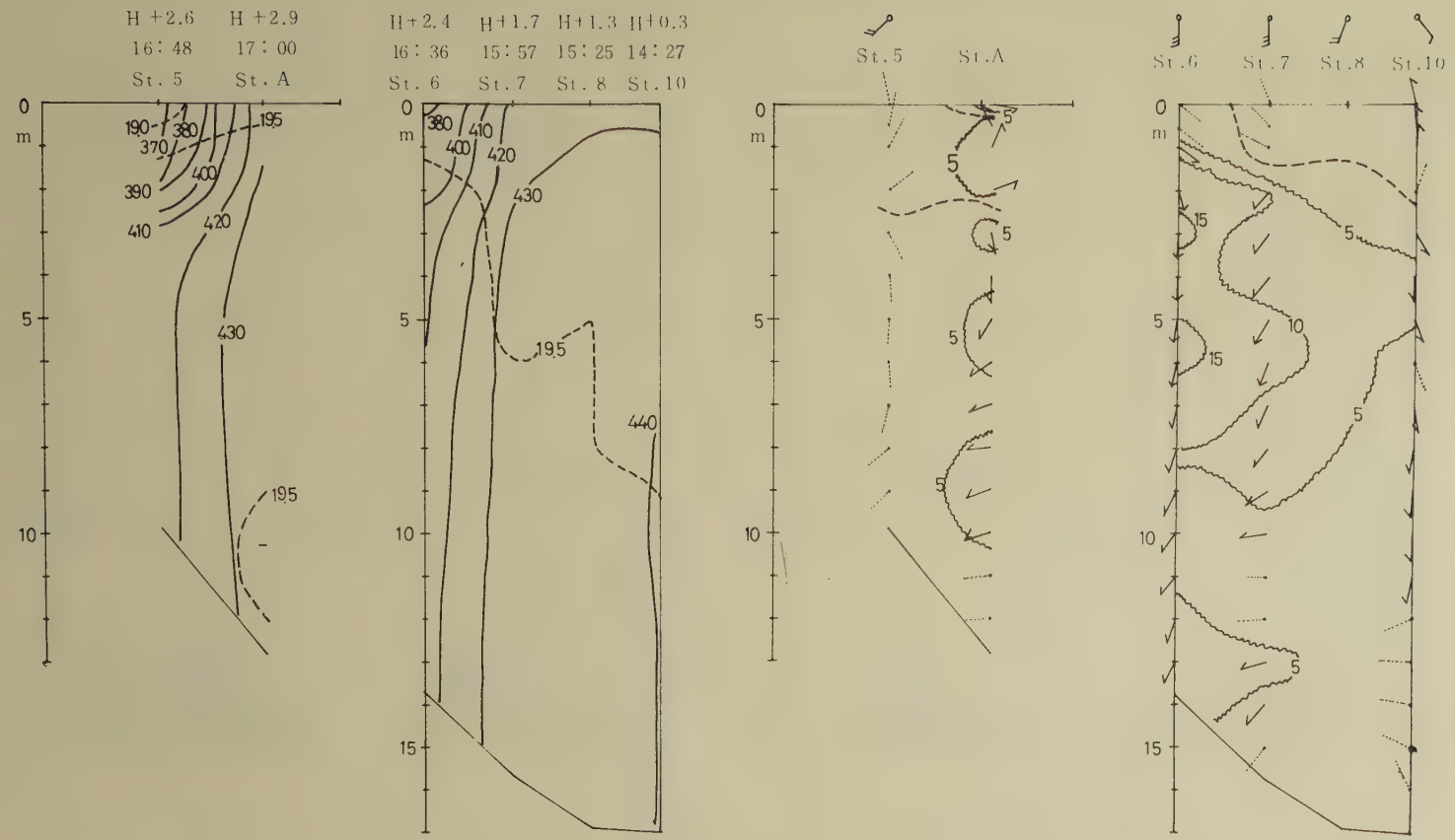


Fig. 18—3. Same as 18—1, November 18, 1966. Erarly in ebb tide.

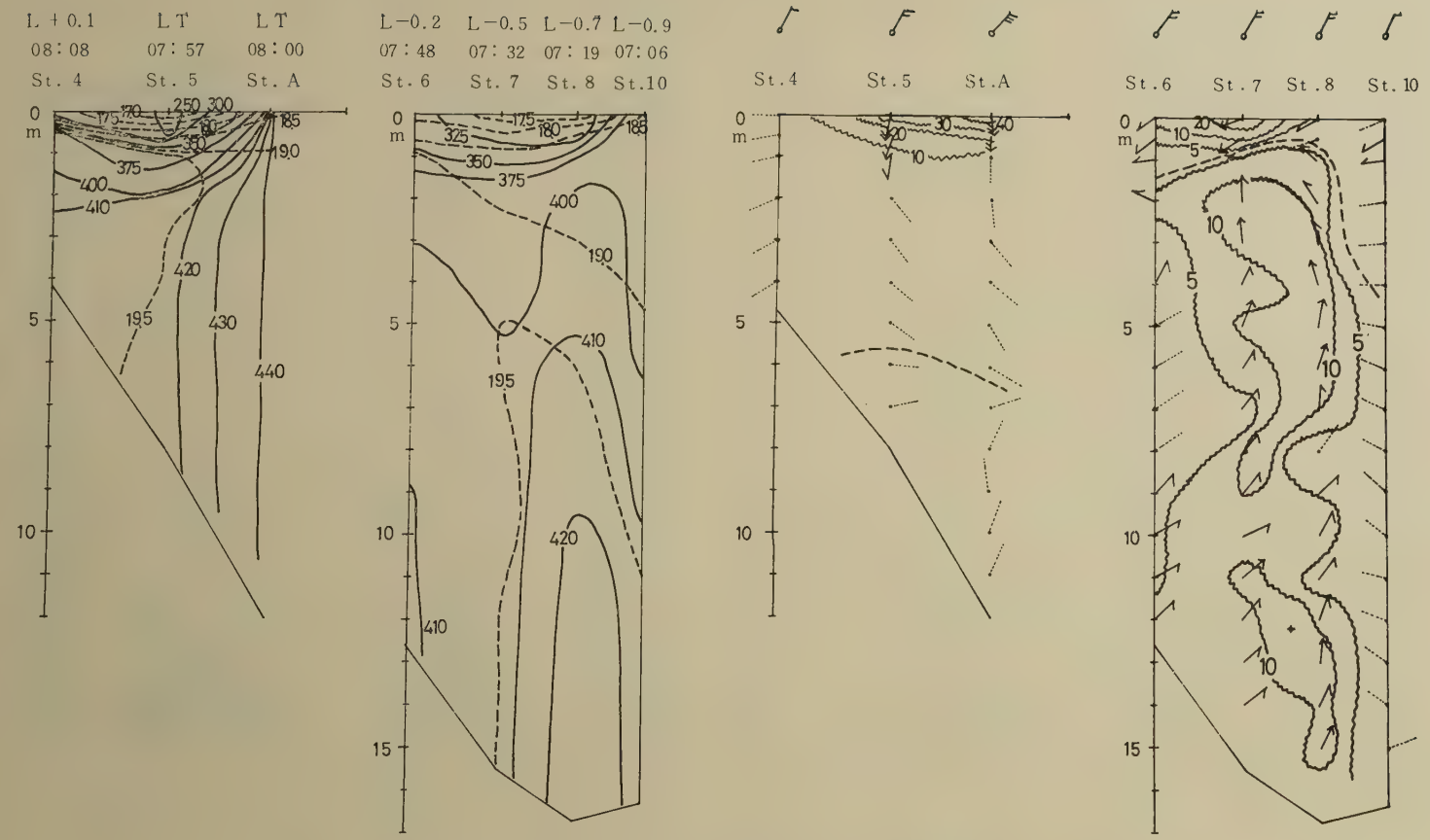


Fig. 18—4. Same as 18—1, November 19, 1966. Low water.

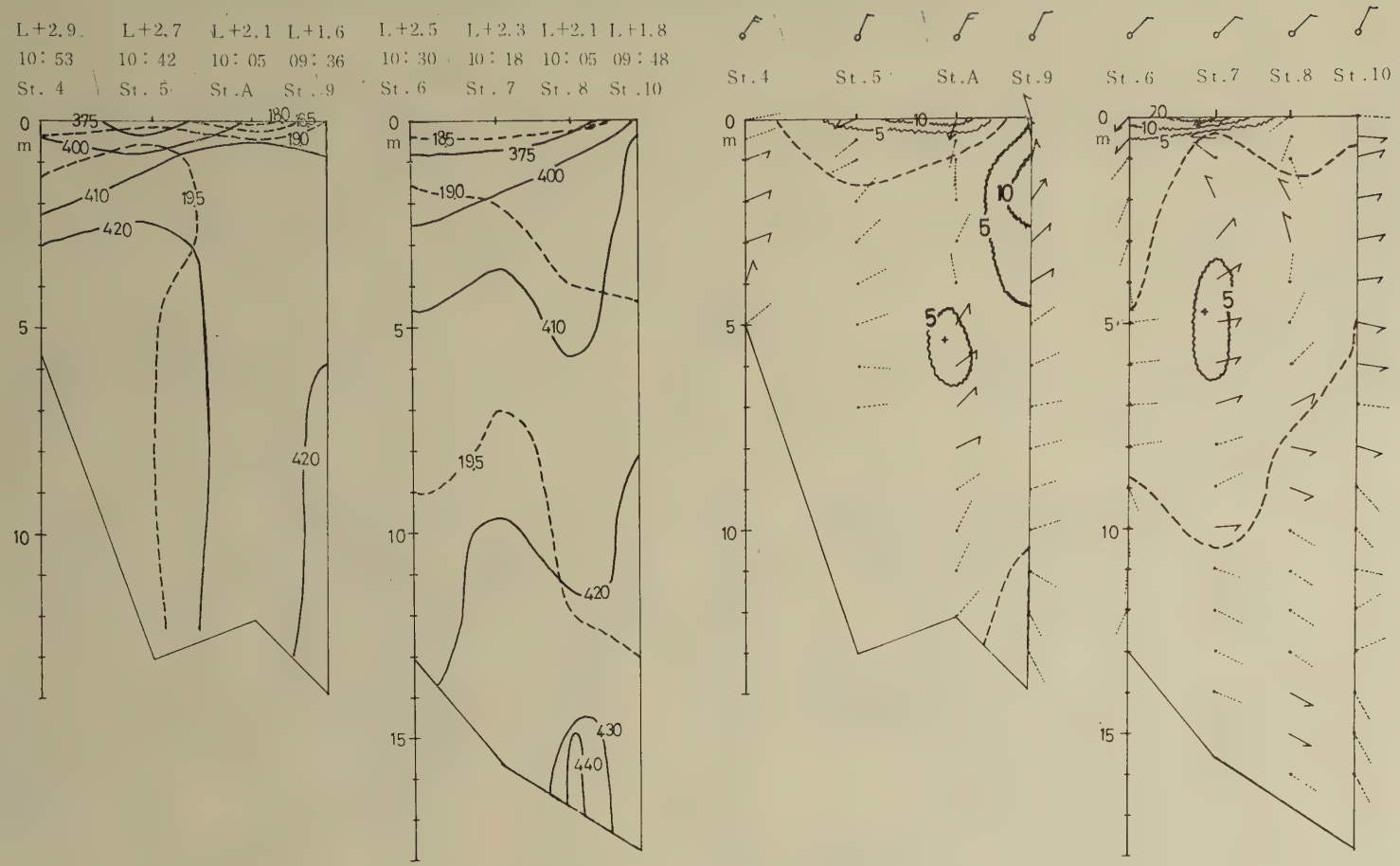


Fig. 18—5. Same as 18—1, Novemver 19, 1966. Middle of flow tide.

水分が東寄りにあふれだし，侵入水はその下をくぐるように北進する。従ってT点附近の表層は全潮時東寄りの流れとなる。天満川河口沖には低塩分水が停滞し，南北流をくりかえす。

Fig. 19. Hypothetic chart of water mass movement in the investigation, November 18–19, 1966.

4. 河口沖海域海象の通年変化

Table 1. に月例補充観測各回の諸要素を示す。

Table 1. Factors in supplemental investigations.

No.	Date	Time hour	Age of the moon	Maximum tidal range (cm)	Discharge*1 of Ōta River at Kumura (m^3/sec)	Percipitation at Hiroshima (mm)
1	'66. 4. 27—28	13—13	7 — 8	+223	88.4	(26) *2 10.5
2	5. 25—26	12—12	6 — 7	+287	95.6	
3	6. 22—23	12—12	4 — 5	+345	475.7	(20) 63 (22) 5.7
4	7. 22—23	11—12	5 — 6	+319	76.3	
5	8. 22—23	10—11	7 — 8	+245	63.7	(20) 18.5 (23) 2.9
6	9. 30	7—20	16	+276	174.3	
7	10. 21—22	11—11	8 — 9	+196	45.8	
8	11. 18—19	11—11	7 — 8	+253	54.6	(16) 0.8 (17) 34.5
9	12. 19—20	11—11	8 — 9	+196	45.1	(18) 0.9 (19) 17.9
10	'67. 1. 19—20	11—11	9 —10	−148	74.0	
11	2. 15—16	11—11	7 — 8	+222	75.5	
12	3. 23—24	11—11	13 — 14	−302	107.7	(21) 16.8

*1 Average of three days before the investigation
*2 (day)

9月を除く各回とも一昼夜にわたって観測している。河川流量は観測日前々日からの3日間の平均で，6月の476m^3/secが最大，最少は10月の46m^3/secであった。月令は4～16で小潮時が多い。観測期間中の最大潮差は6月の+345cmが最大で1月の−148cmが最少である。

1. 気温水温の差

Fig. 20. に各回の（気温）−（表面水温）の値の幅を表面水温値に対照させて示す。

水温は2月の5℃から7月の29℃まで変化するが，15℃以上の4～10月は気温が水温より高く，低温期の11～3月は水温が気温より高い。較差は+7.5℃～−10℃で低温期の方が較差が大きい。気温水温の逆転は高温期に多く見られ，夜間もしくは明け方に気温が低下した時に起こる。

2. 水 温 成 層

Fig. 21. に各回の表面水温幅と底層水温を示す。表面水温の幅（日変化）は高，低両極の時に大きく（6℃），間で小さい（2～3℃）。これに対し底層水温は変化幅がなく（1℃以内）年の最高最低も表面水温とはずれて，9月の24℃が最高，3月の10℃が最低である。すなわち季節的には1カ月おくれ，値としては幅が5℃狭い。4～8月は底層の方が低い。両者の差は10～12月と3月はなく，6～8月に最も大きい。上下層の水温傾斜℃/m（水温差を水深で除したもの）の幅をFig. 21. に示す。傾斜の最大は0.75℃/mに達する。6，7月が最も傾斜が大きい。水温躍層は4月に3～7m層（15～13℃），6月に2～4m層（20～18℃），7月に3～4m層（24～22℃），8月に4～6m層（24～23℃），9月に0.5～1m層（23～22℃）に出る。これらのことからA点の水温成層については次のように言えよう。

成層は表面が底層より高温となる4月に始まり，高温期に向かって発達し7月に最も著しく0.7℃/mの傾斜をもち，上下層の較差は5～3℃に達する。躍層は5m附近に出ることが多い。躍層での傾斜は2℃/mに達する。表底層の水温が一致する10月には躍層もなくなり，表層に低温な河川水による成層が見られる外は非成層状態が12月まで続く。次いで1～2月には0.3～0.4℃/m位の傾斜をもった弱い成層が見られるが躍層は認められない。3月には一旦完全な非成層状態となる。すなわち高温期（4～9月）の正列成層と低温期（1～2月）の逆列成層の間に10～12月と3月の攪拌期がはさまっている。表面水温の変化幅が大きいの

は，気温および河川水の影響である。

3. 河口における流下流速

Fig. 22. に太田川玖村における 月平均流量を10年平均値と対比して示す。 先に11月観測では夜中の上潮が＋77cm4. 5時間と小さいために，表面で溯上流が現われないことを述べたが，このほか10月（＋34cm 5時間），12月（＋81cm5. 5時間）にも同様のことが見られる。

10，11，12月各回の流量は，40～60m³/secで 流量としては 年間の 最低期にあたる。従って上潮潮差がきわめて少ない（100cm以下）時には河川流量が少なくても溯上流が 認められないことがわかる。逆に 河川流

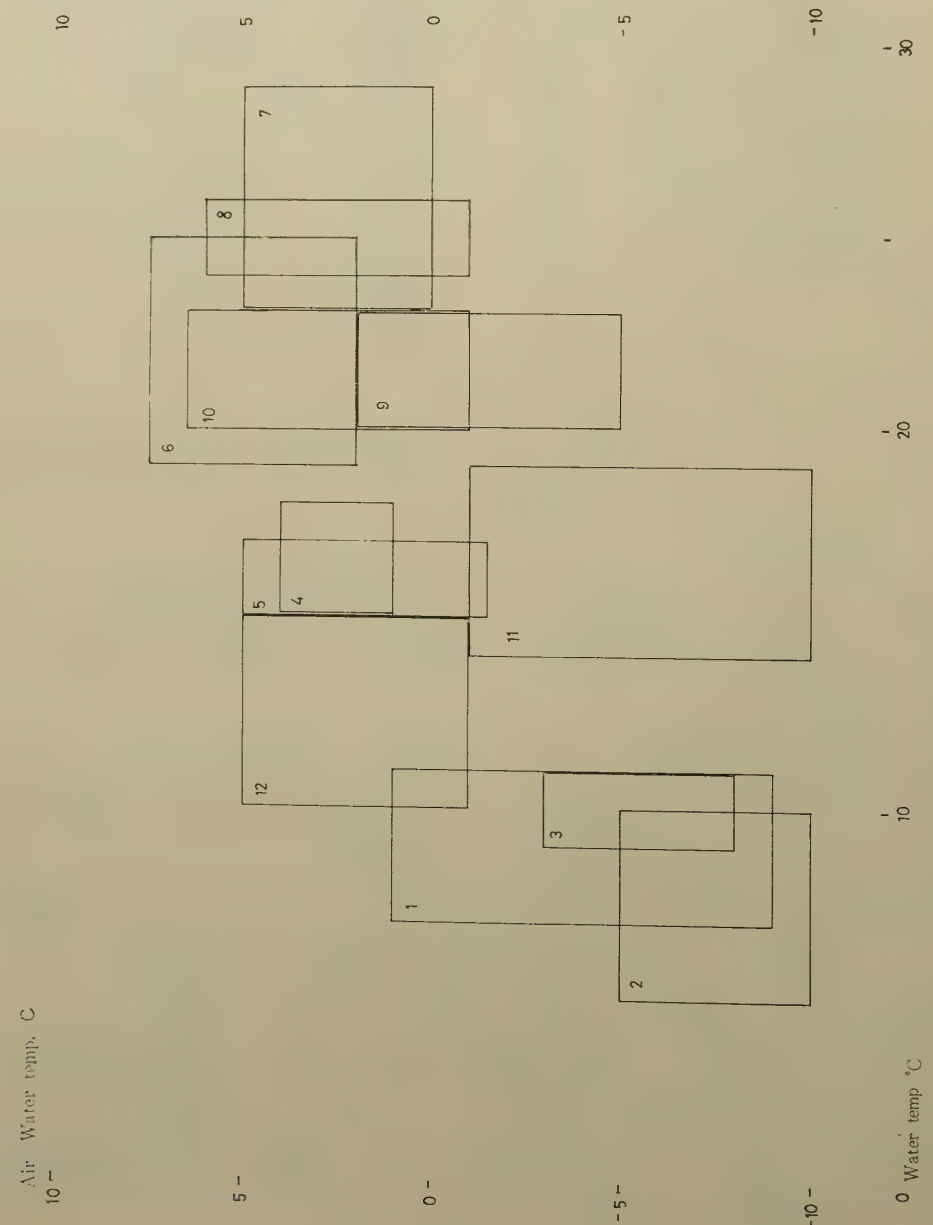


Fig. 20. Water temperature and difference between air and water temperature. Figures denote month.

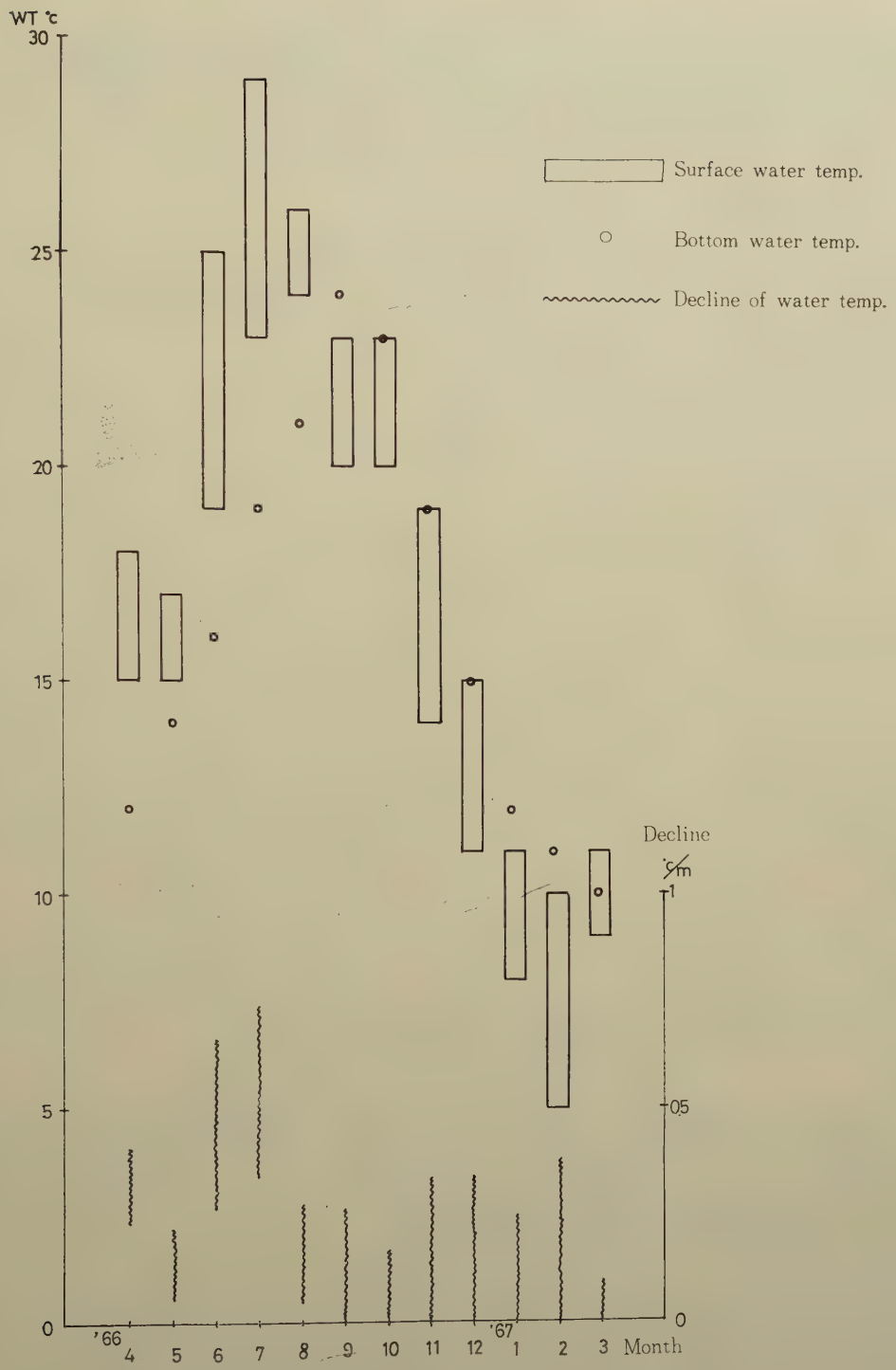


Fig. 21. Surface and bottom water temperature and water temperature decline between surface and bottom water.

量の大きい時，例えば6月は790～225m³/secで年平均流量の3～10倍あったが，この時は夜の上潮は＋345cm 7時間とかなり大きな潮であったにもかかわらず，ほとんど遡上流が現われず表面塩分も上昇していない．すなわち河口正面1kmの地点の表面では河川流量がきわめて大きい時はもちろん，流量が小さい時でも潮差が少ないと上潮時でも流下を続けることがわかる。

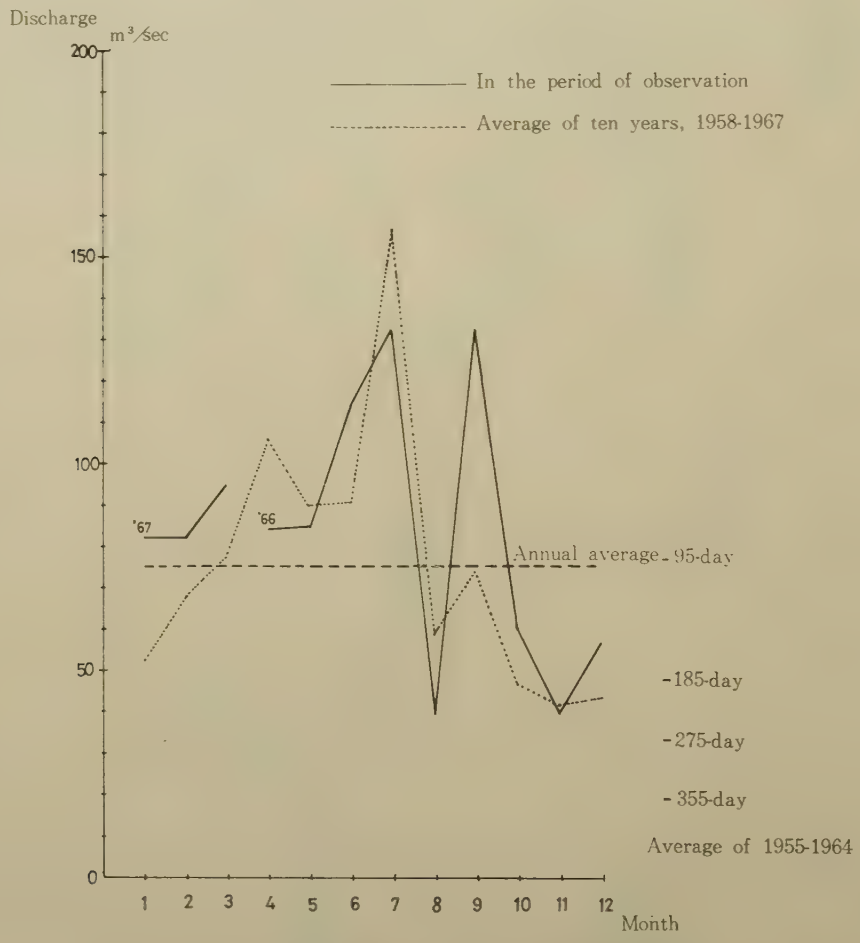


Fig. 22. Average discharge of Ōta River at Kumura.

Fig. 23.にA点の表面最大流速をその時の下潮潮差および観測前日の流量と対比して示す。最大流速はもちろん流下流で，L－3～LTに現われる。図から最大流速の大きさは，潮差よりも河川流量に強く支配されていることがわかる。最大流速時の風向は主として北寄りであるが，5，8，9月は南～西風である（なお8月と9月は2回の下潮のうち，1回分しか観測してない。従って最大流速はこれより大きいものがあるかもしれない）。南寄りの風は表面の流下流速を妨げる方向に働くので，これらの月の図上の位置は無風もしくは北寄りの風ならば更に右に寄るはずである。そうなると流量～最大流速の相関は更によくなる。1月の例はNNE：2の風で一昼夜間の最大流速が39cm/secに過ぎない。この回は潮差や流量に比べ流速がきわめて小さく，また表層の遡上流もほとんど見られず，河口沖での表層水塊の動きが鈍いことを示している。1月19日は日没までW：4の風が吹いており，このため河口に東流を生じ河川水の流下を妨げたものと考えられる。

Fig. 23. Relations between the maximum current velocity at station A and tidal range in ebb tide and discharge of Ōta River in the day before investigation. Figures denote month.

4. 河口沖における表面塩分の低下

Fig. 24. にA点の最低電導度（k 18）を観測日の最大潮差および観測日前2日から観測日までの流量平均（$\overline{Q}_3$）と対比して示す。

最低電導度はL－3～L＋2.5に出ている。流速の時のようには明瞭ではないが，潮差，流量が大きいほど電導度は低く出る傾向が認められる。特に流量も潮差も最大の6月は電導度1,700$\mu\sigma$/cmときわめて低くなる。

A点で測定する電導度は，河川流下水が河口沖で海水と混合したものであり，この混合に影響する要因として温度や風があり，流速のように単純ではない。加えてA点の位置は必ずしも毎回一定でなく，河口沖1kmぐらいの所では少しの位置のずれも水塊配置からいうと大きな差を生じる。このことが相関の悪い一因と考えられよう。

Fig. 24. Relations between the minimum conductivity at station A and the maximum tidal range and average discharge of three days before investigation. Figures denote month.

同様の試みをT点の記録を用いて，流量が比較的多い1967年3月21～31日と，最も少ない1966年11月20～28日について行なって見よう。Fig. 25. に両回の相つぐ2潮時間の最低電導度（表面）を，その前の下潮潮差およびその前日の流量と対比して示す。最低電導度はほとんど上潮前半期に出るが，干潮後1時間ぐらい経ってからのことが多い。これは流下開始時には溯上した高塩分水が流下するからでもあろうが，前述のようにT点は河筋を外れているので，低塩分水が河口から直達しないことにもよろう。11月の場合は流量は35～60m³/secで年間の最低期に当り，3月は75～180m³/secで年平均以上の時である。相関の傾向はFig. 24. と同様であるが相関度は更に悪く，特に11月は流量にも潮差にもほとんど相関が認められない。しかし，3月は潮差との相関はやや明らかである。

河川流量が年平均流量（75m³/sec）以上の時には，河口沖表面塩分は潮差が大きい時ほど低下する。

以上の諸例から河口海域では，表面の流速や塩分は河川流量に強く支配されるが，これと並んで潮差が大

Fig. 25. Relation between the minimum conductivity at station T and tidal range of ebb tide and discharge in the day before the investigation.

きくて強混合域である筑後川河口沖海域ほどではないが，潮差にも強く影響されていることがわかる。

5. 河口沖における低稀釈倍率水塊の分布

各回の航走観測結果から，最高電導度とそれを被混合海水とした時の6倍稀釈電導度，および6倍稀釈水塊が河口から最も遠ざかる潮時とその位置（河口からの距離もしくは最遠測点 St. 8における存在水深）をTable 2. に示す。（8月は電導度を測定しなかったので塩素量を用いた。3月は干潮時前後の観測がない。※印は推定値）

Table 2. The maximum electric conductivity and the location of neritic water (river water 1 + sea water 5) in each supplemental investigation.

Date year month	Max. conductivity ($K18\times10^{-2}\mu\sigma$/cm)	×6 conductivity ($K18\times10^{-2}\mu\sigma$/cm)	Tidal phase	Distance from river mouth(km)	Depth at St. 8 (m)
'66 4	442	367	L − 3	>1.2	1.6
5	450*	370*	L − 1	>1.2	0.2
6	450*	370*	L + 2	>1.2	2.7
7	424	352	L T	>1.2	>bottom
8	(17.81)	(14.8)	—	<0.5	
9	451	374	L T	>1.2	0.9
10	445	369	L − 2	1.6	
11	442	367	L T	>1.2	0.9
12		370*	L T	>1.2	1.1
'67 1	443	368	L − 1	0.5	
2	451	374	L − 2	0.9	
3	451	374			

出現の潮時は，下潮後半～干潮時である。7月の時はSt. 8の全層が6倍以下で，恐らく6倍線は表面で2km以遠に至っていると考えられる（25日に広島水試の観測があり，河口沖10kmの地点でL＋2に表面の稀釈倍率は6倍であった）。河口からの距離が大きいほど，またSt. 8以遠の時はSt. 8での存在層水深が大きいほど流下河川水の勢力が強いことを示すと考られるが，年平均流量75m³/sec，潮差200cm以上の時はすべてSt. 8以遠であった。St. 8の存在水深の大きさは，流量よりむしろ潮差による影響の方が強い。また高温成層期のものはすべてSt. 8以遠であり，攪拌期には河口沖1kmぐらいの表面にとどまる。成層期は河川水と海水の混合が悪く，表層の低塩分水塊は攪拌期よりよく保たれる。このことは河川を経由して来る汚染因子が高水温期ほど海に出てからも稀釈されにくく，水温の高いことと相まってそれだけ河口沖海域表層における汚染の影響が大きいことを示しているものといえよう。（未完）

養魚餌料の研究—第Ⅷ報
飢餓魚に現われた症状*

藤谷　超・塚原宏子

STUDIES ON FEED FOR FISH-VIII
SOME SYMPTOMS OBSERVED ON STARVED FISH.

Masaru Fujiya & Hiroko Tsukahara

In order to obtain the fundamental information of the nutritional troubles of fish, the symptoms observed on the starved yellowtails, *Seriola quinqueradiata*, were examined experimentally.

Investigations on the changes of body conditions such as body length, body weight, liver weight, and on the changes of erythrocyte number, hematocrit value, and plasma protein concentration, as hematological tests, and on the changes of chemical components of meat and liver were carried out.

Little change was observed on the body length, but the changes of body weight as the results of decrease of meat and liver weight, and regressive changes of hematological conditions were found out.

The chemical components of meat were remarkably changed, that is, the contents of fat and protein were decreased with increase of the moisture. At the same time, the fatty acid compositions of meat and liver were also changed. It is easily supposed that there is not only physiological disturbance with starvation, but also are some biochemical changes on the metabolism of fish.

As the process of the starvation, following symptoms were observed;

Against starved condition, the preserved materials in the abdominal cavity including liver are consumpted as the energy source at first, then, the materials in meat.

As the first step, mainly physiological changes are occured, finally some biochemical changes like the changes of fatty acid compositions are observed.

When some troubles on feeding would be occured, it would have to avoid to make the bicchemical changes on fish, because of the difficulity of recovering.

はしがき

餌料に起因するハマチの栄養障害については，養魚場においてしばしばそれと思われる症状が認められているようであるが，明らかな記録はない。

多くの場合，併発した病症と症状が重複するために，栄養障害としての症状が認め難いようである。

栄養障害と称せられているものの中には，鮮度不良の餌料を投餌した場合のように，魚体の新陳代謝の阻害物質の含有によって生ずるものも含まれているようであるが，このような場合に現われる症状はその阻害物質による病症であり真の意味での栄養障害ではない。

*南西海区水産研究所業績　第4号。

総体的な摂餌量の不足あるいは栄養素の不足などによって生ずる影響を栄養障害として認めることがより妥当であろう．このような見地から，最も単純な栄養障害として飢餓を考え，現われる症状について検討した．

この研究を実施するに際して，当水研尾道試験地の協力を得た。厚く御礼を申し上げる。

材料および方法

平均体重31.47 g の愛媛県下で採捕されたハマチを，尾道試験地に設置した直径 1.8 m 水深 0.6 m の円形水槽の流水中に30尾入れ，実験開始前の 1 週間をイワナゴのミンチ肉の飽食量投餌によって飼育した後，昭和41年 7 月 7 日より 8 月 2 日まで無投餌により飢餓状態を与え，5～6 日目ごとに各種測定ならびに分析用試料を採取した．この実験と併行して同一履歴の魚で摂餌実験を行なったが，魚が餌を嫌って飢餓に陥り，試験開始後約 1 ヵ月からへい死が始まった例が観察された．このことから考えて，本実験は成長の早い時期の飢餓実験としては斃死を伴わない範囲で，かなりの長期間を飼育したものと思われる．すなわち，さらに実験期間を延長していれば相当に斃死魚が出現したと推測される．生海水を用い，流量は25 ℓ/min. であった．

体長および体重の測定はＭＳ－222の約 1/10,000海水溶液を用いて麻酔して行ない，試料としては 5 尾ずつ取り上げて供試した．

飼育中の水温は実験開始の初期で 21～23℃，中期で23～25℃，終期では25～28℃，海水の比重は実験の全期間を通じて1.0210～1.0223であった．

供試魚に対する測定項目は体長，体重のほか下記の通りであった．

赤血球数：トーマ計算板を用いる常法によった．

ヘマトクリット値：久保田製ＦＴ－９Ｓ型遠心分離器によった．

血漿蛋白質濃度：日立製屈折計を用いた．

なお，採血は尾柄部下側を切開して行なった．

肝臓重量：解剖により摘出後秤量した．

また，上記の測定を行なった供試魚の内部の分析を下記の項目について実施した．試料は供試魚のいわゆる可食部分を丁寧に採取し，氷で冷却しながらホモジナイザーによって粉砕して用いた．

水　分：試料を90 Cで減量が認められなくなるまで乾燥して秤量し原重量との差から算出した．

脂　肪：ソックスレー法によった．

蛋白質：ケルダール法によった．

脂肪酸：前報（塚原，ほか，1967）に述べた方法によった．

肝臓については，肝重量を測定したものを用いて脂肪酸組成を測定した。分析方法は肉部と同様である。

結果ならびに考察

魚体測定の結果ならびに肥満度の変化を Fig. 1. に示す。

この時期のハマチは本来であればきわめて成長率が高いはずであるが，飢餓魚の体長にはほとんど変化はない．実験開始後10日目までは体長に若干の成長が見られるが，これは実験開始前に投与した餌料によるものであろう。

体重に現われる変化はきわめて著しく，無投餌

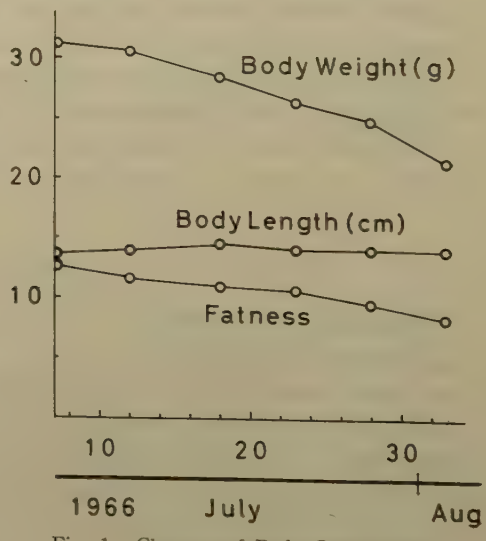


Fig. 1. Changes of Body Conditions

開始後直ちに減少の傾向が現われ，最終的には当初の体重の約65%にまで減少していた。

肉部重量，肝臓重量，肝量係数の変化をFig. 2. に示す。

肉部重量の減少は実験開始後5日目までは変化はなく11日目より急激に減少し，最終的には当初重量の約50%にまで達していた。

肝臓重量の変化は肉重量のそれよりも急激であり，無投餌開始後直ちに減少しはじめ，5日目ですでに当初の約50%に減少していた。

体重，肉重量，肝臓重量の変化を見ると，無投餌開始後体重肝臓重量は直ちに減少し始めるのに反し，肉重量の減少が始まるまでに数日を要している。これは，飢餓状態が与えられた場合に，内臓および腹腔内に蓄えられた物質をまず消費し，その後に肉部内の物質が消費されるものと解される。ハマチは游泳力のある活発な魚であるので，その生活維持のための消費も大きいものと推定される。これが，肝臓などに急激な変化を与える原因であろう。肝臓内のグリコーゲン，腹腔内の脂肪などは飢餓当初の生活維持に大きな役割を果たしているものと推定される。肝量係数の変化からも明らかなように，飢餓状態における肝臓の果たす役割はとくに大きいものと思われる。

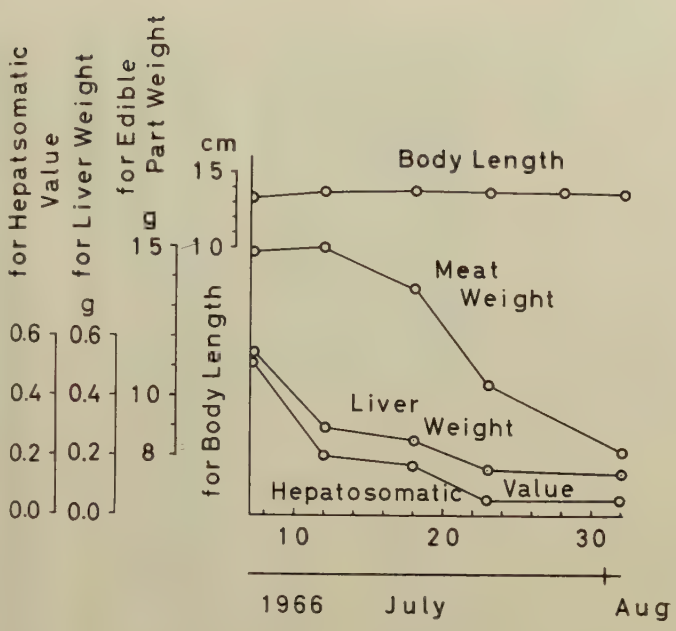


Fig. 2. Changes of Meat & Liver Weight

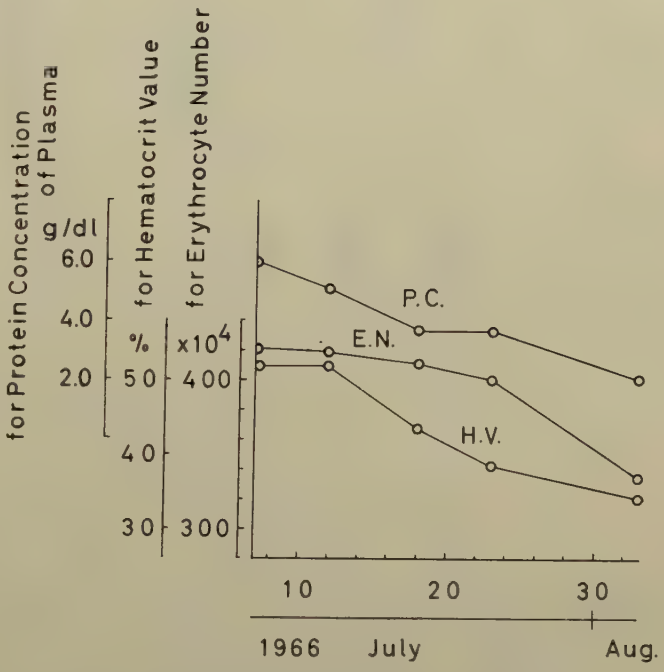


Fig. 3. Changes of Hematological Conditions

血液性状に現われる変化をFig. 3. に示す。いずれもその変化はきわめて著しく，赤血球数，ヘマトクリット値，血漿蛋白濃度のすべてに変化が見られ，いずれも減少していた。なかでも，ヘマトクリット値の変化は大きいだけでなく，投餌停止後数日にして影響が現われている。

無投餌の影響は換言すれば栄養失調症の一例と考えられる。人体の場合の栄養失調症では，まず貯蔵グリ

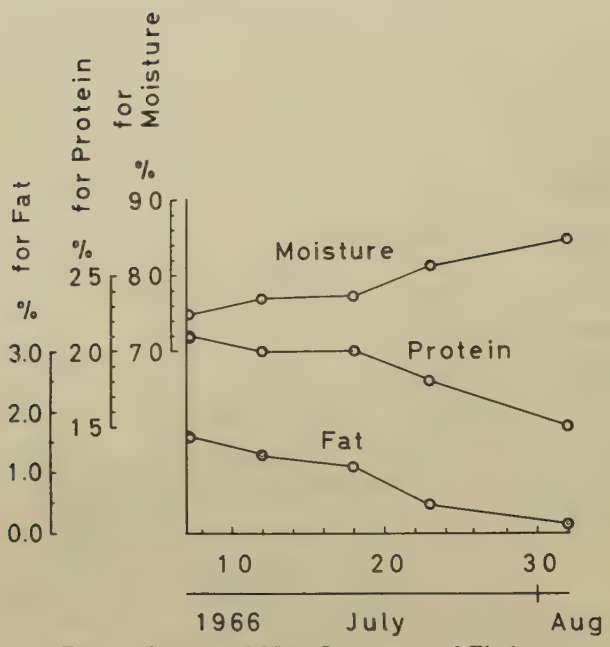


Fig. 4. Changes of Main Components of Flesh

コーゲンが消費され，ついで脂肪が燃焼し，ついには体蛋白の崩壊が生じ痩せならびに各臓器の萎縮が現われるといわれている（大森・新井，1951）。この実験結果に現われた症状はきわめて類似しており，とくに実験期間の末期の症状においてその感が深い。

血液性状についても，人の栄養失調症においては赤血球の減少，ヘマトクリット値の低下，血漿蛋白濃度の低下が主な症状であるといわれ，（大森・新井，1951；蓑島，1951）この点もきわめて類似している。

牛の栄養障害についても，低カロリー餌料を投与した場合には赤血球数，ヘモグロビン量，ヘマトクリット値の減少低下があり，肝臓の機能低下および萎縮があるといわれ（米村，ほか，1964），これにも類似した症状である。したがって，この実験で得られた症状はすべて栄養障害によって起因されたものと解される。

飢餓によって肉質にも大きな変化が見られた。おもな成分の変化をFig. 4. に示す。現われた症状としては

Table 1 CHANGES of FATTY ACID COMPOSITION

Sample	FLESH					LIVER					Remarks
Date	7—7	7—12	7—18	7—23	8—2	7—7	7—12	7—18	7—23	8—2	
C 14 : 0	2.3	2.7	2.3	0.9	0.6	1.4	1.2	1.6	1.2	0.7	(Myristic)
: 1	—	0.3	—	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	—	0.2	
15 : 0	0.3	0.4	0.3	—	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7	—	
: 1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	
16 : 0	16.9	17.4	18.9	18.7	8.8	21.9	22.1	20.6	21.6	19.9	(Palmitic)
: 1	6.1	5.5	5.0	2.1	2.2	6.1	4.0	4.3	3.2	2.4	
17 : 0	1.2	1.3	1.0	0.8	1.0	1.3	0.9	1.0	1.3	1.1	
: 1	0.4	0.6	0.4	0.4	1.1	0.6	0.6	0.5	0.7	0.6	
18 : 0	6.0	6.9	8.1	11.4	7.1	6.2	7.5	5.8	7.9	10.4	(Stearic)
: 1	14.6	15.7	16.9	14.6	7.1	12.9	13.9	12.2	9.2	10.2	(Oleic)
: 2	0.6	1.3	0.5	1.0	0.2	1.2	0.9	0.4	0.9	0.8	(Linoleic)
19 : 0	1.1	0.4	1.0	0.2	(3.3)	0.4	0.3	1.0	0.9	0.1	
: 1	0.5	0.2	0.4	0.1	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	
20 : 0	0.3	0.3	0.3	—	0.3	0.2	0.1	0.1	—	0.1	
·· 1	3.4	3.3	2.7	1.3	1.1	2.1	1.3	1.3	0.7	0.1	
22 : 5	2.8	2.9	2.8	2.2	2.5	2.0	1.6	1.1	0.8	3.1	
: 6	22.6	24.0	23.6	31.4	39.8	23.5	31.1	30.3	32.0	31.7	

Fig. 5. Starved Period & Changes of Conditions

肉質の脂肪，蛋白質の減少と，それに対応した水分の増加である。とくに，脂肪の変化は大きく蛋白質が実験終期において20%程度の減少であるのに対して，脂肪の量は80%が減少していた。飢餓の進行によって脂肪が主として代謝維持の役割を果たしていることを示すものと考えられる。肉質の変化は投餌停止後11日目ごろから大きな変化が現われており，肝臓の変化，肉部の量的な変化に比較して影響の現われ方は遅い。したがって，栄養障害の現われ方としては末期的な症状であると思われる。

肉内および肝臓内の脂肪酸の変化を Table 1 に示す。投餌停止後10～15日目までの脂肪酸組成の変化は著しく，とくにステアリン酸とオレイン酸の比率は当初に肉部で2.4，肝臓で2.1であったものが終期にはい

ずれも1.0に低下していた。この期間に代謝機能の変化が生じているものと解されるが，その原因ならびに理由は明らかでない。

また，特徴的な一症状として飢餓の進行とともに不飽和度の高い脂肪酸が肉部および肝臓ともに相対的に増加していた。これはエネルギーとして利用されやすい脂肪酸区分が先に消費されるため利用されにくいと考えられる高度不飽和脂肪酸区分が相対的増加を示すのであろうと推測される。このような高度不飽和脂肪酸の相対的増加はニジマスにおいても明らかにされており（金子，ほか，1967）飢餓時の特徴の1つであろ

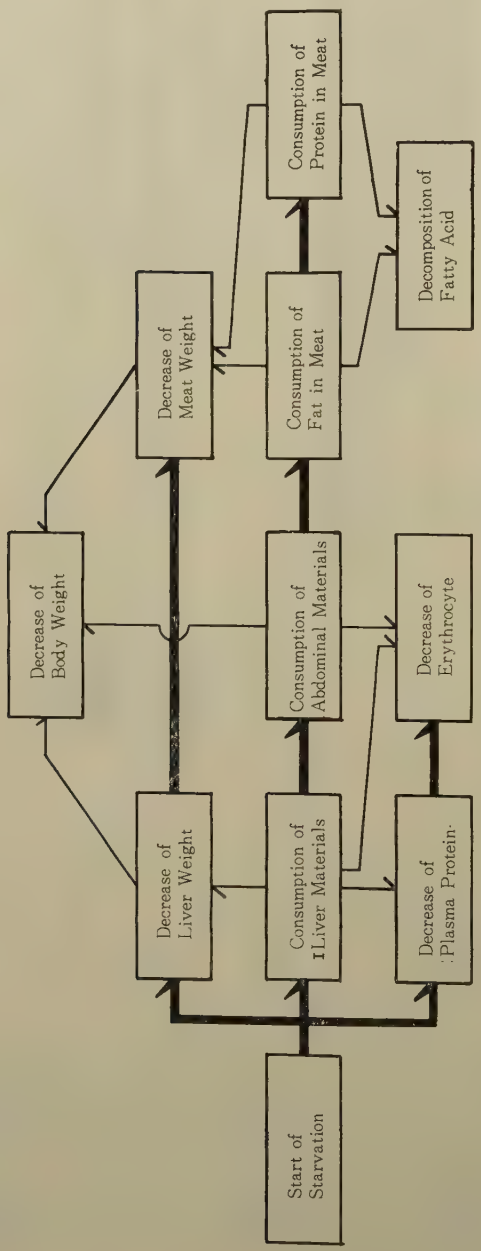


Fig. 6. Process of Starvation & Symptoms Occured

う。現われた諸症状と投餌停止後の経過日数との関係をFig. 5. に示す。

最も早く現われる症状は体重の減少，肝臓重量の減少と，それに伴なう肥満度の減少であって，なかでも肝臓重量の変化はとくに大きく血漿蛋白の変化がこれに次いでいる。

つづいて，肉重量，血液性状，肉部内の脂肪量に変化が現われ，最終的には肉質および脂肪酸組成に変化が生じているのが明らかに認められる。

飢餓の過程と現われた症状との関連をFig. 6. に示す。個々の条件について，より複雑な関係はあろうが，大略の関連はここに示し得たものと考える。

現われた症状の中には摂餌条件が常態に戻れば比較的速やかに回復するものと，回復にある程度の時間を要するものとがあるが，生理的な単純な変化は前者に属するものであろうし，蛋白質あるいは脂肪酸組成の変化のような生化学的な変化は後者に属する。したがって，止むを得ない事情によって飢餓に類する栄養障害を与えざるを得ない場合においても，大きな変化を生じない段階に止めることが必要である。すなわち，数日以上の無投餌に匹敵する悪条件を与えることは望ましくない。とくに，10日以上にわたるこの種の悪条件は生理学的および生化学的な面で疾病を招くおそれがある。

要　　約

1. ハマチの栄養障害を検討するために，無投餌により飢餓状態を与え魚体に現われた変化を検討した。
2. 体長にはほとんど変化はないが体重の減少は著しく投餌停止後25日目には当初の65%に低下した。
3. 肉重量，肝臓重量の減少はとくに著しく，体重減少の主原因は両者の減少と認められた。
4. 血液性状では赤血球数，ヘマトクリット値，血漿蛋白濃度の減少ならびに低下が認められた。
5. 肉部の成分組成，肉部および肝臓の脂肪酸組成に著しい変化が認められた。
6. 現われた症状を検討した結果，飢餓の進行と共に，まず内臓内蓄積の物質が消費され，ついで肉部内物質の消費，最終的には肉質の変化が現われることが認められた。
7. 得られた結果から，飢餓の進行とそれに伴なう諸症状との関連を考察した。

文　　献

藤谷　超・梅津武司・塚原宏子．1968：人工養魚餌料に関する研究．昭和42年度水産増養殖研究報告，水産庁調査研究部．

金子徳五郎・竹内昌昭・石井清之助・東秀雄・菊地貴明．1967：養魚飼料における脂質の役割に関する研究—Ⅳ　絶食時のニジマス可食部脂肪酸組成の変化．日水誌，**33** (1), 56—58.

蓑島高也．1951：血液．生理学講座，8—Ⅰ．

大森憲太・新井養老．1951：栄養失調症．生理学講座，9—Ⅲ．

塚原宏子・古川　厚・船江克美．1967：養魚餌料の研究—第Ⅶ報　添加油のハマチにおよぼす影響について．内水研報告，(24), 29—50.

米村寿男・ほか．1964：成牛の栄養障害発生実験．農林水産技術会議研究成果，(20).

養魚餌料の研究—第Ⅸ報
配合餌料への消化酵素の添加効果*

藤谷　超・梅津　武司・杉中　芳衛

STUDIES ON FEED FOR FISH-IX
EFFECTS OF DIGESTIVE ENZYMES ADDED IN THE DIET

Masaru Fujiya, Takeshi Umezu and Yoshie Suginaka**

The low availability of the combined diet for yellow-tails, *Seriola quinqueradiata*, is a serious trouble for the growing, and the effects of digestive enzymes added in the diet were investigated.

The effects of Pancreatin and BZ-210 which is produced from *Aspergillus oryzae* were remarkable. So, adding of enzymes having the function as protease should be effective to rise the availability of the diet.

はしがき

魚粉を主体とした人工配合餌料をハマチに投与すると，生餌を投与した場合に比較して餌料の蛋白価など栄養素の条件に大差はなくともその成長は思わしくなく，そのおもな原因の一つに魚粉の消化が悪いことがあげられている。

ニジマスなどの淡水魚では人工配合餌料の消化率は高く80%あるいはそれ以上であるのに対して（能勢・1962），ハマチでは澱粉など炭水化物の混合割合にもよるが40～70%に過ぎない（佐藤・ほか，1965；南沢・ほか，1965；井沢・ほか，1965；古川・ほか，1966；塚原・ほか，1967）。

魚粉の消化率を向上させ，配合餌料の効果的な利用を図らぬ限り実用化は期待されないところから，すでに塚原・ほか(1967)は餌料の魚体内滞留時間を延長させることによって消化率の向上を図ることを試みた。しかし，この場合消化率の向上は認められるが，"喰い"の低下による摂餌量の減少が著しく実用上の期待は少ない。

今回は人工配合餌料に消化酵素を添加し，その効果を検討した。

この実験を実施するに当り，広島県水産試験場のご協力をいただいた。厚く御礼を申し上げる。

材料および方法

平均体重99.4gのハマチを15尾ずつ，直径2m，水深約0.7mの円形水槽の流水中に飼育し，実験開始7日前よりそれまで投与していたイカナゴのミンチ肉に少しずつ配合餌料を加え，日ごとにその量を増加して最終的には配合餌料のみに切換え餌付けを行なった。5～6日目には配合餌料への切換えが完了した。

実験は1967年8月1日より31日まで行ない。Table 1に示した種類の餌料を投与し，成長の差異によって

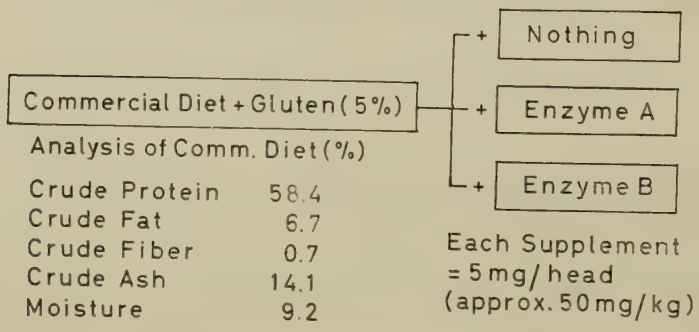
*南西海区水産研究所業績　第5号。

**田辺製薬株式会社。

比較検討を行なった。

添加した消化酵素はパンクレアチン（A）およびBZ—210（B）である。パンクレアチンは膵臓アミラーゼ，トリプシン，リパーゼを含むものであって蛋白質ならびに炭水化物の消化に効力があることはすでに知られているが，局方プロテアーゼ力価測定法に適合ずる最低力価の3倍の力価のものを使用した。また，BZ—210は *Aspergillus oryzae* 菌産出のものであって効は同じく蛋白質と炭水化物の消化に効力があるが，とくにプロテアーゼ活性に富むものである。供試したものはpH3～6においてプロテアーゼ力価が400～640u/gであった。

Table 1. Diets Prepared for Experiments



投餌量は配合餌料として魚体重の5％とし，ほぼ等量の水を加えて調餌して投与した。

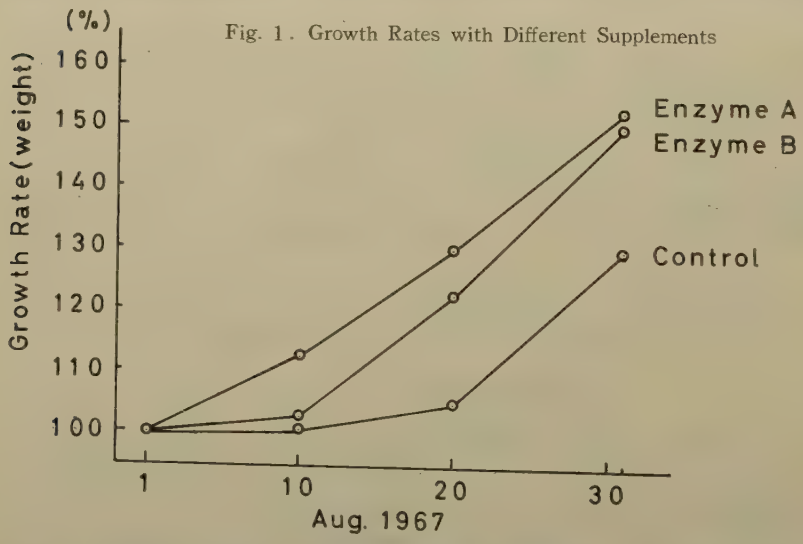
魚体の成長の測定は，10日目ごとにMS—222の約1/10,000海水溶液で麻酔して実施し，その結果によって投餌量を補正した。

なお，実験中の水温は26℃～23℃であった。

結果および考察

体重による成長曲線をFig. 1. に示す。消化酵素を加えた餌料を投与したものは対照に比較してかなり良い成長を示していた。

Fig. 1. Growth Rates with Different Supplements



消化酵素による成長の差異は，投与開始後当初はパンクレアチンの方が若干良い成長を示すが，実験終期の31日目ではほぼ同様の成長を示しあまり大きな差はないものと思われる。

実験期間中に増重した量の比較をFig. 2. に示す。31日間における増重量の差異は，消化酵素を加えた餌料で飼育したものは，対照のほぼ1.7～1.8倍に達しかなりの効果が認められた。また，Fig. 3. に示した増肉係数についても，消化酵素を添加した餌料が明らかに良好な結果を示していた。

一般に人工配合餌料の場合，その増肉係数は2.6～3.0程度のようであり，この実験では対照の場合の効率

Fig. 2. Difference of Meat Production

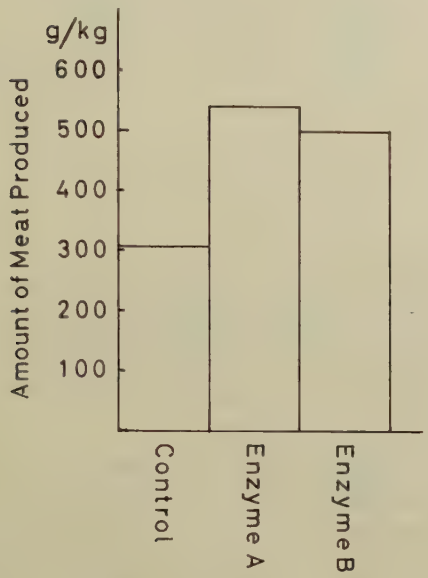
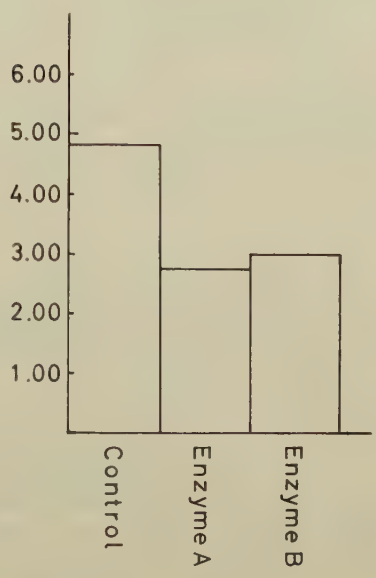


Fig. 3. Difference of Conversion Rates



が多少これに比べて悪いようであり，これも原因して酵素添加餌料との間にかなりの差が認められたようにも思われるが，効果の度合には多少の問題点はあろうとも酵素の添加が有効であることは明らかである。

餌料に種々の添加物を加えた場合，餌料に対する“喰い”が低下するために摂餌量が十分でなく，このために成長を阻害することがあるが，消化酵素の添加によるこの種の阻害はなかった。

能勢(1968)はニジマスを用いてプロテアーゼを添加した餌料の効果を検討したが，あまり効果は認められず，そのおもな原因としてニジマスの場合飼育水温が低いことをあげている。

消化酵素の効果を左右する要因としては多くのものが考えられるが，ハマチに効果的である一つの原因として水温の差異は容易に推察しうる。

今回の実験で人工配合餌料に酵素を添加することがハマチの増重に有効であるという結果が出た。これは酵素を添加することによって人工配合餌料の消化吸収を高め無添加のものに比べて餌料が有効に用いられたことを示すものであろう。

しかし，これだけの結果から多くを論ずることはむずかしい。すなわち今回の結果は，たまたま2種類の酵素を添加して見たということ，また，飼育期間がわずか1カ月ということであり，微量添加物の効果判定の試行錯誤の第一段階の試みとしても不備な点の多いことは認めざるを得ない。

今回の結果から人工配合餌料への酵素の添加が有効であるという見通しを得たことを基礎として次のような問題を追及する必要があろう。

1. 酵素の質的な比較．果たしてどの種類のプロテアーゼが最も効果があるのか。また，アミラーゼ，リパーゼなどではどうか，さらにそれらの組み合わせではどうか，などによって適正な酵素を追及する。
2. 酵素の適正な添加量の吟味．基本飼料の組成の割合とその原料，あるいは水温などの環境に応じて量を変える必要があろう。
3. 水温による酵素の活力の差．一般に各種の酵素が最も有効に働く条件をさらに幅広く，*in vitro* で確認する。従来は消化の補助剤としての用途として人間ないし哺乳動物を対象としたものであったが養魚餌料用として別途に考慮する必要がある。そしてハマチのほかウナギ，コイなど比較的高水温を好む対象魚種については高水温時に本研究よりも長期にわたる飼育試験を行なって再確認すべきであろう。

以上述べたようにさらに検討を要する点が多いが，従来この種の試験の発表がほとんど見られず，短期間

とはいえ好結果を見たので報告することにした。

要　　約

1）　魚粉を主体とした人工配合餌料をハマチに投与した場合，その消化率が低いために成長が悪いので，消化酵素を餌料に添加してその効果を検討した。

2）　プロテアーゼ活性に富む消化酵素の添加がハマチの成長にとって効果的であることを認めた。

文　　献

古川　厚・梅津武司・塚原宏子・船江克美・岩田勇．1966：養魚餌料の研究　第Ⅴ報　1964年度の人工配合餌料によるハマチ小割飼育試験の結果について—その1．内水研報告，(23), 45—56.

井沢康夫・ほか．1965：ハマチの養成餌料に関する研究．兵庫水試昭和39年度指定研究事業報告．

南沢　篤・ほか．1965：人工配合餌料によるハマチ養成試験．愛媛水試昭和40年度雑食性魚類餌料研究報告．

能勢建嗣．1962：魚類における消化と吸収．日水誌，**28** (10), 1033—1042.

———．1968：餌料蛋白質の消化率測定．昭和42年度増養殖研究報告．水産庁調査研究部．

佐藤正明・ほか．1965：雑食性魚類餌料研究報告．広島水試昭和39年度指定研究事業報告．

塚原宏子・古川　厚・萩原政道．1967：養魚餌料の研究—第Ⅵ報　フィッシュミールの消化率について．内水研報告．(24), 21—27.

瀬戸内海備後灘におけるマダイ幼魚期の分布と生長*

矢野　実・井上　明・国行　一正
高森　茂樹・仁科　重巳

DISTRIBUTION AND GROWTH OF YOUNG RED SEA BREAM, *CHRYSOPHRYS MAJOR* TEMMINCK et SCHLEGEL, IN THE BINGO-NADA, CENTRAL PART OF THE SETO INLAND SEA

Minoru YANO, Akira INOUE, Kazumasa KUNIYUKI,
Shigeki TAKAMORI and Shigemi NISHINA

The red sea bream, *Chrysophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL, is one of the most important species in the Seto Inland Sea, and is going to be an expected for fish farming.

The fundamental research of the artificial propagation have been carried out for releasing of the larvae, but the suitable places have not been estimated yet.

In order to contribute to solve the problem, investigations on the natural distribution and growth were carried out. A commercial small trawler was chartered for the investigation to catch the samples.

The distribution had been seemed to regard the bottom conditions, and four different conditions, mudy, sandy, pebbly and sea weeds grown conditions were selected as the stations.

As the results, it was cleared that the sandbank zone, which formed by the two currents, is the most suitable for the distribution of the larvae in spite of previously known information that the sea weeds zone is the most.

The growth rate of 1963 and '67 year class young was expressed in the term of BERTALANFFY formula, and the following growth formulae were obtained respectively;

'63　$lt=102.002\left[1-e^{-0.272(t-0.055)}\right]$

'67　$lt=130.360\left[1-e^{-0.247(t-0.550)}\right]$

The growth of young and the water temperature were correlated, and the growth was better on the relatively higher water temperature ('67) rather than lower year ('63).

The relationship between the total length and body weight of '67 specimens was follows:

$log\ W=3.1375\ log\ L-11.5138$

ま え が き

瀬戸内海燧灘，備後灘海域は，マダイの産卵場であり4～6月に産卵親魚が来遊する。これらは主として

*南西海区水産研究所業績　第6号。

ローラー吾智網・桝網・一本釣漁業によって漁獲されるが，近年その漁獲量は年々減少の傾向にある。この減少傾向を克服するために，栽培漁業の対象魚種の一つとしてマダイが選ばれ，人工種苗の大量生産のための育成技術の開発研究が急速に進展しつつある。しかし，栽培漁業の供試対象種として選ばれたマダイが，その期待にたえうる魚種であるかどうかについては，多くの疑問点がないとはいえない。なぜなら，この魚種について生活の場，食性，分布，年令，生長などの資源生物学的特性についてまだ十分な情報が得られていないからである。

南西水研内海資源部第2研究室（尾道試験地）では，従来から瀬戸内海重要資源の一つとしてのマダイについて資源生物学的，生態学的調査研究を行なってきた。最近のタイ漁業は，深刻な減産問題に直面しこれに対する増産対策が要望されている。そこでわれわれは，まずマダイ資源の生物的生産の機構をは握することを目的として，マダイ幼稚魚の分布や生長などをはじめその生態を明らかにする課題をとりあげた。いつどこで生まれ，どんな場所に生息し，どういう経過で生長するかというこの課題は，当然栽培漁業のための基礎的な知見となり得るものである。今後の研究によって，逐次マダイの生物的生産機構を明らかにして行く考えである。今回は備後灘において実施した試験操業の結果について取りまとめ検討を加え，若干の知見を得たのでここに報告する。

本文に入るに先立ち，取りまとめに際して種々懇切な助言を賜わりご指導をいただいた南西水研花村宣彦博士，採集標本の同定に適切な助言を賜わりご指導をいただいた同水戸敏博士，ならびに本文の校閲を賜わった同藤谷超博士に心から深謝する。また，本研究を行なうなかで終始ご協力とご援助を賜わり助言をいただいた南西水研内海資源部長谷川彰研究室長ほか部員の各位に心から謝意を表する。試験船を提供し現場における調査活動に協力いただいた尾道市吉和漁業協同組合浜田鶴三氏に心から感謝の意を表する。

材料および方法

瀬戸内海備後灘はマダイ幼稚魚の育成場であり，従来マダイ幼魚は8，9月ごろ小型機船底びき網漁業によって採捕されていた。そこで，1967年7月から10月まで，小型機船底びき網当業船（3.65トン，15馬力）を毎月2～3回傭船し試験操業を行なった。試験操業で使用した底びき網は，一般に当業船が使用している網と同様のものを用い，漁場の選定は次のような規準によった（Fig. 1）。

St. 1（泥場）　松永湾の湾口部に当たる。水深約15mで底質は泥質であり，潮流は早くない（0.5kt）。

St. 2（砂場）　イカナゴ漁場で潮流が早く（1.5kt），水深約30mで一面が吹き上げの州になっている。

St. 3（藻場）　小さな入江で，水深約2mのアジモの密集した漁場である。潮流は緩慢である。

St. 4（藻場）　生口島の入江で，水深約2mのアジモの密集した漁場である。潮流は緩慢であるが（0.5kt），St. 3と共にひき網の困難な漁場である。

St. 5（礫場）　底質が礫となっている漁場で潮流が早く（3.0kt），水深約20mである。

St. 6（礫場）　漁場の特徴はSt. 5とほぼ同様である。

St. 7（砂場）　三原水道の中央部にあり，一般に細の州漁場と呼ばれている。餌料（おもにイワムシ）の生息場としても知られており，試験操業では州の北側をえい網した。潮流の早い（2.0kt），漁場である。

以上の7カ所をそれぞれ底質によって区分し，1回のひき網時間は30分間に規定し，試験操業を行なった。もちろん，これらの漁場は幼稚魚の育成場であり，マダイ以外の多くの魚種も採捕された。全漁獲物の漁場別漁獲組成をTable 1に示した。これらについては，別の機会に発表する予定である。また，これらの漁場の一部は操業禁止区域で，一般の当業船は操業できないので，この調査は，特別採捕許可を得て実施した。

結　　果

マダイ幼稚魚の出現頻度

瀬戸内海燧灘，備後灘のマダイの産卵水域については，別途直径71.5cmの稚魚ネット調査による卵稚仔の

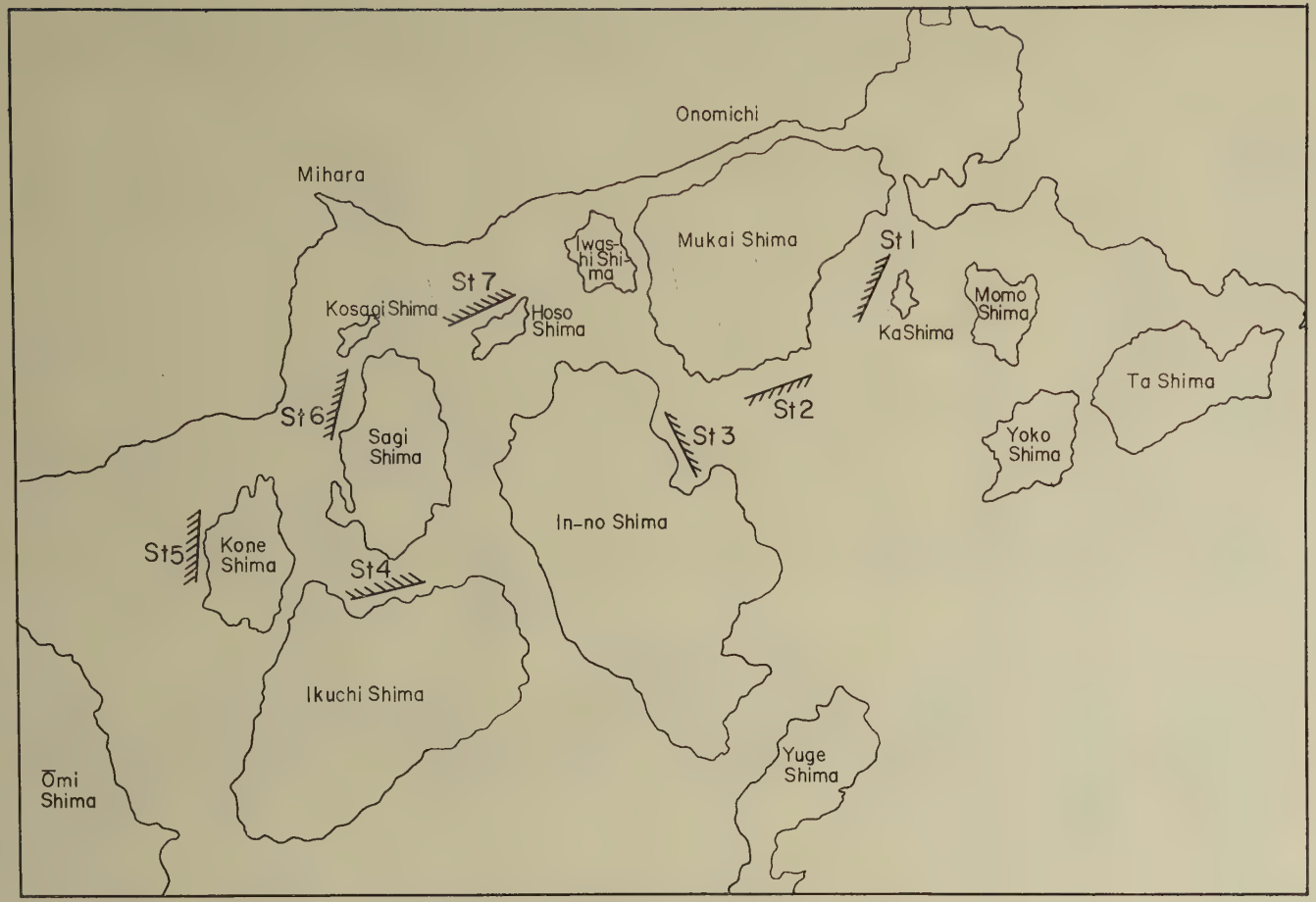


Fig. 1. Showing the stations for the investigation. Bottom conditions: St. 1, mud; St. 2, sand; Sts. 3, 4, seaweeds; Sts. 5, 6, rock; St. 7, sand-bar.

Table 1 Catches at different stations by a small trawler.

Date	St. / Composition	1	2	3	4	5	6	7	Total
		g	g	g	g	g	g	g	g
July. 10 '67	Pisces	2,862	2,504	8,831	8,648	1,791	13,874	157	38,667
	Crustacea	2,005	850	2,960	1,406	1,756	240	194	9,411
	Cephalopoda	7	1,285	285	532	2,161	975	121	5,366
	Total	4,874	4,639	12,076	10,586	5,708	15,089	472	53,444
July. 19 〃	Pisces	7,488	1,230	10,719	4,191	2,312	5,399	2,999	34,338
	Crustacea	2,956	961	1,149	882	1,867	845	75	8,735
	Cephalopoda	133	2	376	13	46	226	8	804
	Total	10,577	2,193	12,244	5,086	4,225	6,470	3,082	43,877
July. 27 〃	Pisces	2,494	2,569	10,339	6,887	1,781	2,918	664	27,652
	Crustacea	762	424	67	686	2,629	560	0	5,128
	Cephalopoda	75	726	735	52	45	445	452	2,528
	Total	3,331	3,719	11,139	7,625	4,455	3,923	1,116	35,308
Aug. 8 〃	Pisces	1,418	8,568	6,568	5,437	1,119	9,629	2,396	35,135
	Crustacea	184	1,130	1,304	1,630	1,555	817	0	6,620
	Cephalopoda	148	505	396	17	111	49	110	1,336
	Total	1,750	10,203	8,268	7,084	2,785	10,495	2,506	43,091
Aug. 23 〃	Pisces	653	1,983	4,642	2,308	2,601	—	4,043	16,230
	Crustacea	864	276	739	827	1,073	—	456	4,235
	Cephalopoda	76	186	2,269	1,338	138	—	948	4,955
	Total	1,593	2,445	7,650	4,473	3,812	—	5,447	25,420
Aug. 30 〃	Pisces	1,166	1,296	4,418	5,210	3,758	4,164	4,184	24,196
	Crustacea	1,119	1,211	455	120	578	473	84	4,040
	Cephalopoda	755	920	272	70	577	345	166	3,105
	Total	3,040	3,427	5,145	5,400	4,913	4,982	4,434	31,341
Sep. 8 〃	Pisces	823	3,273	6,221	4,602	2,993	1,931	3,675	23,518
	Crustacea	1,994	469	150	866	1,118	277	0	4,874
	Cephalopoda	132	868	3,513	715	265	26	470	5,989
	Total	2,949	4,610	9,884	6,183	4,376	2,234	4,145	34,381
Sep. 20 〃	Pisces	192	448	3,450	7,276	—	2,004	8,479	21,849
	Crustacea	913	23	1,048	1,580	—	224	360	4,148
	Cephalopoda	56	431	841	797	—	0	83	2,208
	Total	1,161	902	5,339	9,653	—	2,228	8,922	28,205
Oct. 18 〃	Pisces	1,375	1,398	2,069	2,368	979	463	812	9,464
	Crustacea	446	764	1,556	652	634	809	93	4,954
	Cephalopoda	233	142	342	358	321	39	430	1,865
	Total	2,054	2,304	3,967	3,378	1,934	1,311	1,335	16,283
Oct. 30 〃	Pisces	—	1,419	—	2,503	662	1,623	—	6,207
	Crustacea	—	299	—	471	126	1,370	—	2,266
	Cephalopoda	—	468	—	337	88	39	—	932
	Total	—	2,186	—	3,311	876	3,032	—	9,405

分布調査を実施した。この結果の全体については，卵稚仔の同定がまだ十分に終わっていないので，後日改めて発表する予定である。しかし，産卵期における漁場の移動と漁獲物組成の推移から，この水城のマダイの主産卵場は燧灘東部の津波島沖と推定された。

マダイの発育段階別の大きさについては，伏見など（1968）による陸上水槽での飼育結果の報告がある。それによると，受精後2日でふ出し全長2.5㎜前後の前期仔魚期（prelarval stage）となる。ふ化後約25日で全長10㎜に達し，後仔魚期（postlarval stage）を終える。そして，全長10㎜から40㎜までの稚魚期（juvenescent stage）となり，これはふ化後約30日から60日まで経過したものである。以上の発育段階を経て，全長40㎜以上の幼魚期（adolescent young stage）となると述べている。

全長20㎜前後の稚魚期には，燧灘・備後灘海城の激しい潮流によって漂流生活を送り，定着した生息場はもたないと考えられる。当業船を傭船し実施した試験操業による各月別のマダイ幼稚魚の出現頻度の結果はTable. 2に示すとおりである。

Table 2. Frequency of the appearence of young red sea bream caught by a small trawler.

Date \ St.	1	2	3	4	5	6	7	Total
July. 10 '67	0	0	0	0	0	0	0	0
19 〃	0	0	0	0	0	0	0	0
27 〃	9	0	1	0	0	0	0	10
Aug. 8 〃	0	0	10	1	26	9	403	449
23 〃	0	8	9	0	22	—	331	370
30 〃	0	5	11	0	6	53	285	360
Sep. 8 〃	0	0	16	2	27	22	252	319
20 〃	0	0	42	7	—	68	230	347
Oct. 18 〃	0	5	6	0	15	7	18	51
30	0	4	—	1	7	10	—	22
Total	9	22	95	11	103	169	1,519	1,928

7月；10日・19日ともにマダイ幼稚魚はどの調査点にも出現せず，27日になって初めてSt. 1に9尾，St. 3に1尾が出現し，その全長範囲は22～60㎜であった。この stage は，産卵後約60日を経過したもので稚魚期から幼魚期に移行しつつある stage と推定される。

8月；この月には3回調査を行なったが，St. 7 の細の州漁場がきわめて卓越しており，毎回300～400尾出現している。ついでSt. 5，St. 6 で10～50尾，St. 3で10尾前後出現している。

9月；2回調査を行なったが，ともにSt. 7で250尾前後出現し，出現状況は8月に似て他の漁場より卓越している。St. 5，St. 6で20～60尾，St. 3では16～40尾出現した。しかし，8月に比べてSt. 7を除く各漁場でやや多く出現しているのが特徴といえる。

10月；この月は，St. 7 が他の漁場と同様の低い値を示していること，また全体として20尾以下の出現しかみられなかったのが特徴である。

以上の全調査期間について，マダイ幼稚魚の出現状態を漁場別にみると，St. 1（泥場）で7月27日に9尾出現したのみで，それ以外には全く出現していない。St. 2（砂場）では8月と10月に5～8尾の出現しかみられなかった。St. 3，St. 4（藻場）では9月20日が最高の42尾で，8月と10月には10尾前後となっている。St. 5，St. 6（礫場）では9月20日に68尾の最高の値を示しているが，その他は8～9月とも20尾から50尾の出現頻度であり，10月には10尾前後となった。しかし，この漁場では7月を除く全調査期間中平均として出現しているのが特徴である。St. 7（砂場）の細の州漁場は，底質は砂質であるが州の周囲にアジモが点在し，潮流の交叉する地形的に複雑な漁場である。この漁場では，8月8日に 403尾の最高値を示

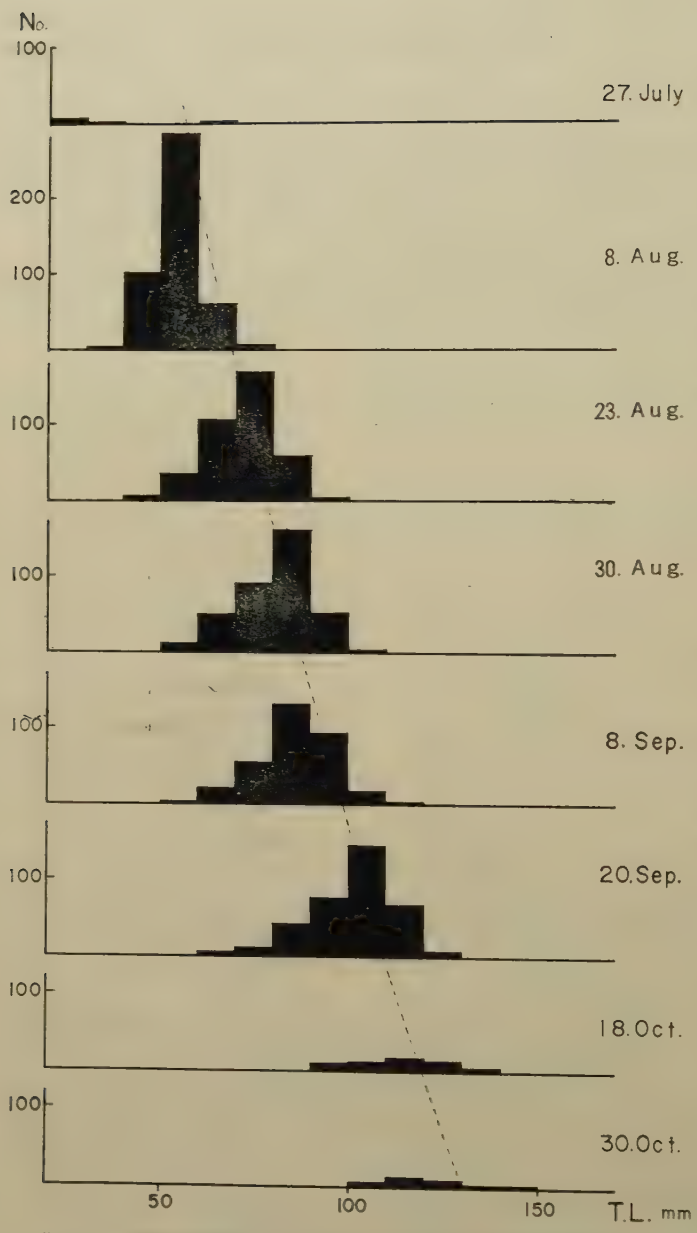


Fig. 2. Total length compositions of young red sea bream caught by a small trawler.

し，8・9月ともに 200尾以上で出現尾数は他の漁場に比べてはるかに卓越している。しかし10月には急激に減少して他の漁場と同様の値を示している。

時期別全長組成

1967年7月から10月まで実施した8回の試験操業結果について，10㎜間隔で全長組成を示すとFig. 2. のようになる。7月27日は出現尾数が少なくモードも明確ではないが，8月8日は51～60㎜にモードがあり高い値を示している。8月23日には，71～80㎜にモードがあり，同じく30日には81～90㎜にモードが現われている。これによるとマダイ幼魚期の8月の生長は，10日間に約10㎜の割合であることを示している。9月8日のモードは，81～90㎜で8月30日と同じ値を示している。そして，9月20日には101～110㎜にモードが現われており，ふ化後約 120日を経て 110㎜まで生長したことになる。10月のモードは，わずかに 120㎜のところに現われているが，全体として資料が乏しい。

生長曲線

さきに求めた全長組成のモードをプロットして生長曲線を求めた。また，過去5カ年間（ただし1964年は資料が少なく除外した）尾道市魚市場に水揚げされた同時期のマダイ幼稚魚の測定値から，同様の方法で全長組成を求めプロットして生長曲線を求めた。(Fig. 3，Table 3)。

これらの年次別生長曲線に現われた差異は，マダイの産卵期が5月中旬から6月上旬と比較的長く，その盛期のずれによるものか，または生物主体以外の要因によるものか明らかでない。しかし，同一時期における生長のちがいが何を原因とするかをは握することは，生態的特性を知る一つの手がかりとなろう。そこでBERTALANFFY の式によって生長曲線式を求めた。ただし，この場合は8月から10月までの幼魚期のいわば

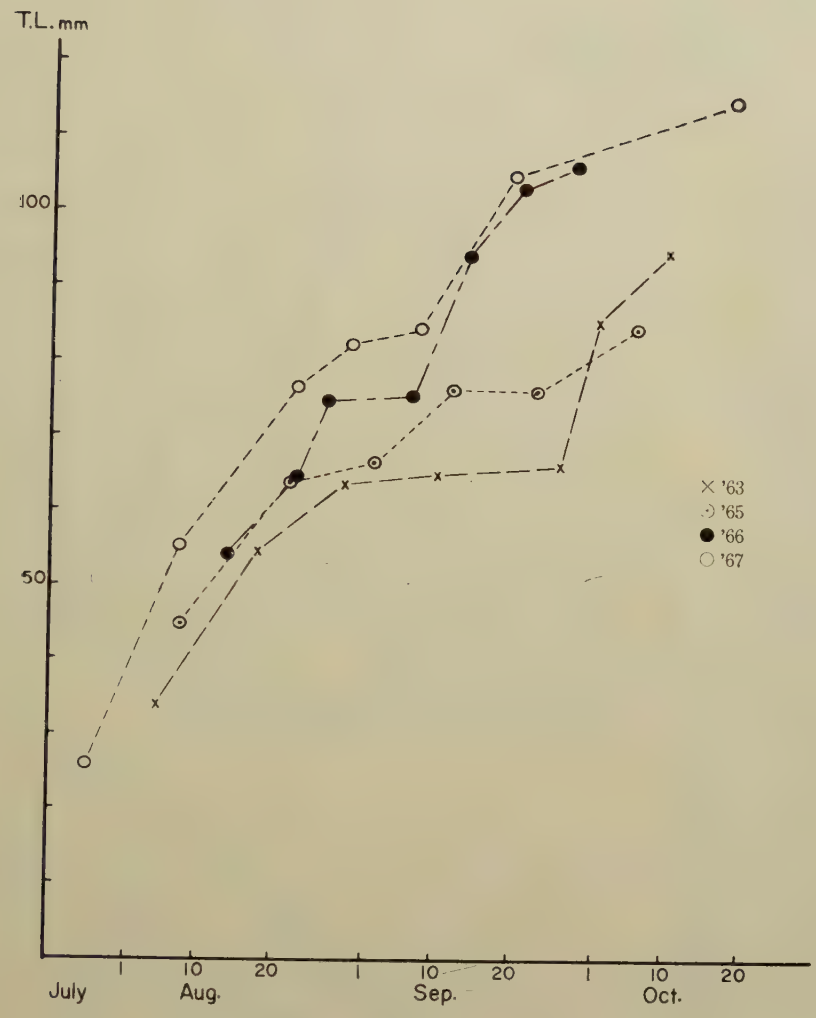


Fig. 3. Yearly changes of growth curves of young red sea bream.

局所論的数式化であり，0才からn才の生長曲線式とは区別しなければならない。すなわち，ここでは当年発生した稚魚が8月から10月までの間に生長する経過を取扱ったものである。

Fig. 3.から，生長の良い年の例として1967年，生長の悪い年の例として1963年を用いそれぞれの生長曲線から，補間法によって旬別の全長を求め，（Table 4）WALFORD の定差図を求めると，Fig. 4. となる。

'63　$l_{t+1}=0.764l_t+24.062$　$l_{max}=102.002$

'67　$l_{t+1}=0.783l_t+28.236$　$l_{max}=130.360$

BERTALANFFY の生長式 $l_t=l\infty\,[1-e^{-k(t-t_0)}]$ は，$l_{t+1}=l\infty(1-e^{-k})+l_t\,e^{-k}$ となり，l_{t+1} と l_t の一次式で表わされる。WALFORD の定差図から求めた値K，l_{max}，t_0 を代入して年次別の生長式を求めると次のとおりである。

'63　$l_t=102.002\,[1-e^{-0.272(t-0.055)}]$

'67　$l_t=130.360\,[1-e^{-0.247(t-0.550)}]$

全長と体重との関係

Table 3. Daily fluctuations on the mode of total length and on mean total length of young red sea bream.

Date	No. of fish	Mode	Mean	Date	No. of fish	Mode	Mean
		mm	mm			mm	mm
Aug. 5 '63	50	34.2	34.3	27 〃	96	74.7	72.8
18 〃	50	54.8	52.9	Sep. 7 〃	108	75.9	80.1
29 〃	50	64.0	62.6	14 〃	43	94.9	93.7
Sep. 10 〃	50	65.2	66.8	21 〃	21	103.8	99.8
26 〃	42	66.3	80.7	28 〃	15	106.6	108.7
Oct. 1 〃	31	86.0	93.7	July. 10 '67	0	—	—
10 〃	42	95.5	93.3	19 〃	0	—	—
Aug. 2 '65	4	36.0	40.8	27 〃	10	26.0	31.1
8 〃	14	44.8	42.7	Aug. 8 〃	449	55.4	54.3
22 〃	15	63.9	58.6	23 〃	370	76.3	71.7
Sep. 2 〃	26	66.5	68.2	30 〃	360	82.1	78.9
12 〃	60	76.4	74.9	Sep. 8 〃	319	84.5	85.1
23 〃	51	76.2	79.1	20 〃	347	105.6	101.8
Oct. 6 〃	33	85.2	86.8	Oct. 18 〃	51	115.9	113.2
Aug. 14 '66	100	54.4	53.4	30 〃	22	115.5	119.1
23 〃	75	64.8	66.4				

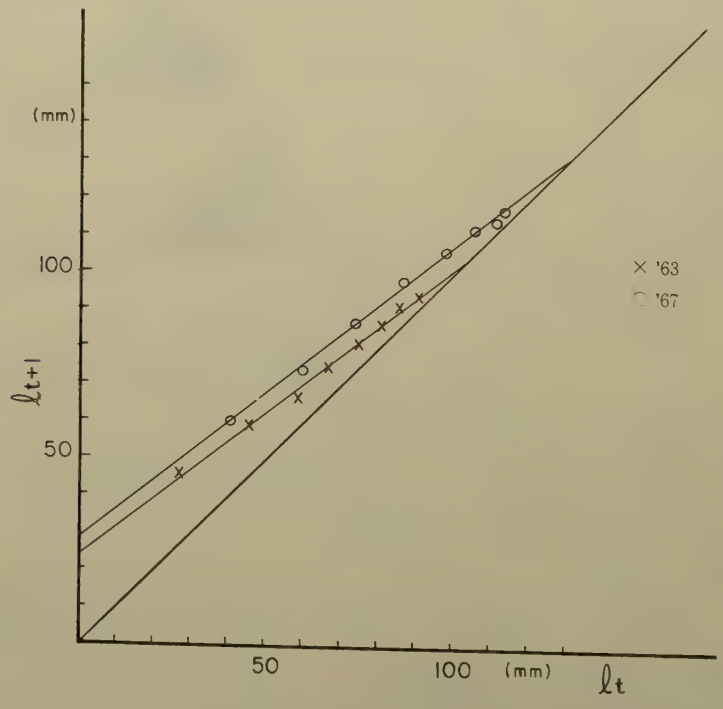


Fig. 4. Growth of young red sea bream represented by WALFORD's diagram.

1967年の試験操業によって得た資料から，全長（L㎜）と体重（Wg）の関係式を求めた（Fig. 5）

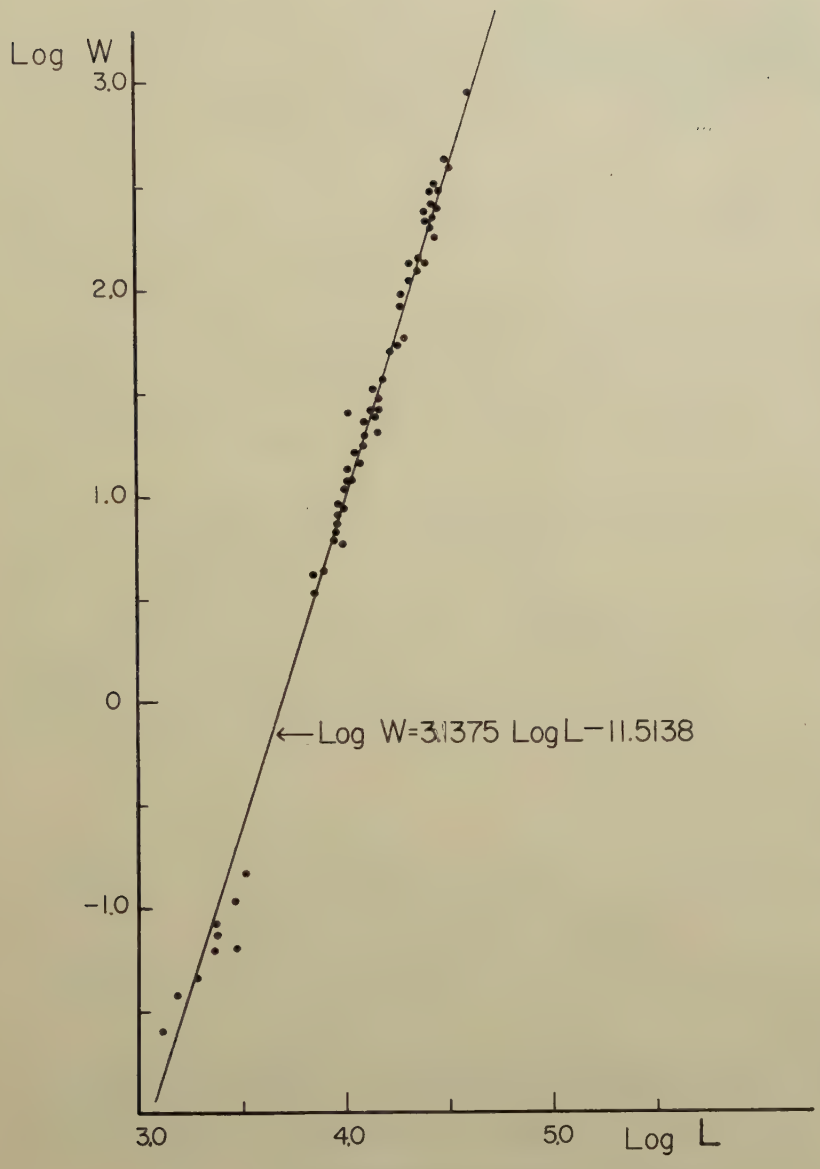


Fig. 5. Relation between total length and body weight.

$logW = 3.1375 log L - 11.5138$

考　　察

マダイ幼稚魚の生活の場

梶山（1937）はマダイ幼魚の成育場を前期と後期に分け，前期は藻場で後期はエビ漁場をその主要成育場とすると述べている。過去において瀬戸内海域では関係機関によって藻場調査が実施されている。これは，藻場を生活の場とする多くの魚種の生態的特徴を明らかにすることを目的としている。しかし，マダイは前述しだように，それぞれの発育段階によって生活の場が異なっている。卵・仔魚期の浮遊期，稚仔魚期の漂流期，そして幼魚期となって定着した生息域をもつと考えられる。この試験操業による調査は，マダイ幼魚期（8・9月）の分布の実態を示したものと考えるのが妥当であろう。

この結果から推察すると，密集した藻場より底質が砂質（州）で潮流の交叉する細の州漁場が最適の場といえる。潮流が交叉し，州ができる環境であるから当然餌料生物も豊富なことが考えられる。漂流期から定着生活に移行する場合，物理的な環境が大きな作用をしているようである。ついで，礫質の漁場にほぼ20尾以上の尾数が一定して出現している。この環境も潮流がある程度早いのが特徴である。当初予想し，また梶山の説とされている藻場では，幼魚期のマダイはあまり出現していない。相対的にマダイ幼魚の生活の場としては，藻場は優位性はもたないといえるだろう。備後灘海域では，潮流が早く本流と支流が交叉し，潮替りの良い場所がマダイ幼魚の生活の場とみることが妥当と考えられる。特に細の州漁場は，物理的環境と生

Table 4. Yearly changes of total length evaluated from the growth curves at every ten days on young red sea bream.

Year \ Period	Aug.			Sep.			Oct.		
	1	11	21	1	11	21	1	11	21
1963	mm 27	46	59	67	75	81	86	91	94
1967	mm 41	60	74	87	98	106	112	114	117

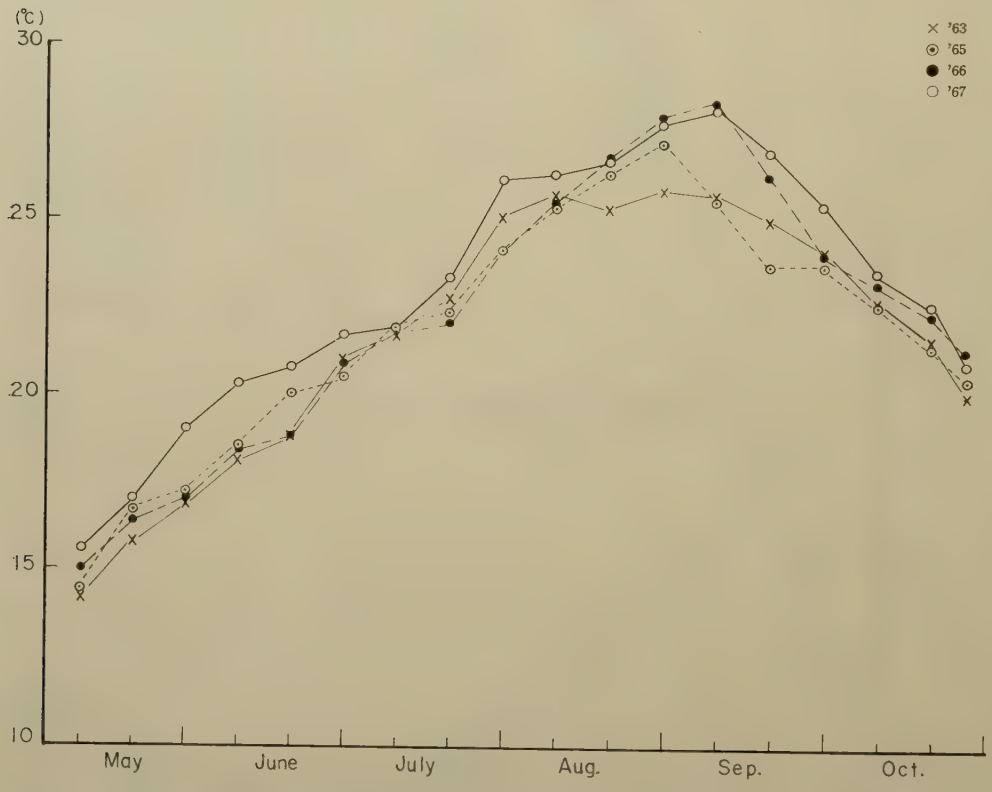


Fig. 6. Yearly changes of the average water temperature at the Onomichi Channel.

物環境においてすぐれており，他のどの漁場より生息量の多いのが特徴である。

マダイ幼稚魚の生長と環境

小型機船底びき網で採捕されるマダイ幼稚魚は，全長組成のモードを追跡し生長曲線を求めることができる（Fig. 3，Table 3）。

既往の資料と比較すると，'67年の生長は'63年に比べて生長が良い年といえる。Bertalanffy の生長曲線式に l_t と t について，幼魚期という限定条件をつけて，生長曲線式のあてはめを行なうと，8～10月の生長の l_{max} は，'67年は130㎜，'63年は102㎜となり，約30㎜の差のあることがわかった。この原因を追及するために，5月から10月までの尾道水道で行なった定時観測の結果と対応させ検討を行なった。旬別平均水温を年次別にプロットしたのが Fig. 6. である。この結果から見ると，マダイ幼魚の生長は，水温変化と密接な関係があることがうかがえる。水温の高い年は1967年で，生長の良い年と一致し，水温の低い年の1963

年は生長の悪い年となっている。8月下旬から9月上旬をピークとして，水温は下降する。この時期に，生長の一時的停滞が起こる。このことも，環境要因の一つである水温が，マダイ幼魚の生長に影響を与えていると見ることもできる。しかし，生活環境としては，水温以外の要因すなわち密度効果，餌関係，他種生物との関係など総合された要因が影響していると考えられるので，これらについては今後検討を行ないたい。

要　　約

瀬戸内海備後灘海域におけるマダイ幼稚魚の分布生態と生長について，当業船の試験操業からえた資料について検討を行なった。

マダイ幼稚魚は，7月下旬から小型機船底びき網で採捕され，全長22㎜が最小のものであった。8～10月の間におけるマダイ幼魚の生活の場は，底質の状態によって差異があり，出現頻度の差が大きいことが明らかになった。すなわち，底質が砂質で，潮流が交叉して州が形成されている細の州漁場は，マダイ幼魚の生活の場として最適であり，生息密度が高い値を示した。マダイ幼稚魚の生活の場は，発育段階によって異なった環境に生息するので，底質による違いより，潮流や餌生物，また他種生物との競合などに関連があると考えられる。

マダイ幼稚魚の生長に関しては，全長組成のモードを追跡し生長曲線を求めることができる。BERTALANFFYの生長曲線式に幼魚期という期間についての限定をして，次の結果を得た。

'63　$l_t = 102.002\,[1 - e^{-0.272(t-0.055)}]$

'67　$l_t = 130.360\,[1 - e^{-0.247(t-0.550)}]$

生長と旬別平均水温との間には相関関係があり，平均水温の高い年（'67）は生長が良く，低い年（'63）は生長の悪いことが判明した。

また，全長（L㎜）と体重（Wg）の関係式は，次式で表わされる。

$$\log W = 3.1375 \log L - 11.5138$$

文　　献

梶山英二．1937：鯛．143pp.，杉山書店．

北森良之介・小林真一．1958：藻場の生態学的研究（I）初夏相．内水研報告，（11），7—16.

———・———．1959：藻場の生態学的研究（II）季節的変化・同誌，（12），187—199.

久保伊津男・吉原友吉．1957：水産資源学．345pp.，共立出版．

RICKER, W. E. 1958：Handbook of computations for biological statistics of fish populations. 300 pp. Fish. Res. Bd. Can., Bull. No. 119.

田中昌一．1960：水産生物の Population Dynamics と漁業管理．東海水研報告，（28），1～200.

林　知夫．1967：瀬戸内海における水産資源の有効利用と漁業管理．瀬戸内海開発協議会，1～25.

伏見　徹・北島　力・大内　晟．1968：マダイの種苗生産に関する研究（I）．広島県水試報告．I．37～48.

イシガレイの卵発生，ふ化仔魚の飼育および陸上池内における産卵*

水戸　敏・鵜川　正雄・樋口　正毅

ON THE EGG DEVELOPMENT AND REARING OF THE LARVAE OF A FLOUNDER, *KAREIUS BICOLORATUS* (BASILEWSKY) WITH REFERENCE TO ITS SPAWNING IN THE CULTURING POND

Satoshi Mito, Masao Ukawa** and Masaki Higuchi**

Kareius bicoloratus (Basilewsky)is one of the commonly found flatfishes, and widely distributed in the coastal waters of all over Japan. The authors carried out an experiment to obtain a large number of fertilized egg from captive adult fishes caught shortly before the spawning season. On 17, December, 1967, about 50 matured fishes caught with the small trawlers were transfered from the fishing ground near Hakatashima Fish Farming Station, Ehime Prefecture, to a rectangular concrete pond 10×12×3.5 m holding 420 tons of seawater in the Station.

Although some shock spawning were observed within several days after the fish were put in the pond, ordinary spawning was started on middle of January and ceased on middle of March of the next year. The spawning period observed in the pond can be divided into 3 periods having 22 days interval. In the first period, the amount of eggs spawned is comparatively small and its daily fluctuation is wide, the second period is a height of the spawning and the amount of eggs spawned is large and its daily fluctuation is narrow, final period is much the same as that of the first. The fertilization rate did not show such a remarkable trend observed in the amount of eggs spawned. The spawning observed in the pond was seemed to be confined mostly within the night.

At the same time the authors carried out rearing experiment of the eggs and larvae to clarify the egg and larval developments of this species. The egg is pelagic, spherical in shape, measuring 1.03-1.10 mm in diameter. The yolk as well as the egg capsule are colorless, transparent, without conspicuous structure and containing no oil globules.

During the egg development, many melanophores appeared on the embryonal body and some ones appeared also on the yolk surface near the embryonal body, on the other hand, xanthophores appeared only on the embryonal body. The hatching took place in 80-85 hours after the fertilization at the water temperature 14.2-15.0°C.

The newly hatched larva is 3.05-3.25 mm in total length, with the anus situated in a little before the middle of body. The marginal fin without pigment cells and the myotome number is 13+27=40. Within 5 days after hatching, the yolk was consumed entirely, and the larva attained 4.55-4.72 mm in total length with the anus situated nearly 1/3 anteriorly the body, and several melano-

*南西海区水産研究所業績　第7号。

**瀬戸内海栽培漁業協会伯方島事業場。

phores become to appear in the middle of ventral marginal fin.

The larva attained 5.32−5.53 mm in total length within 10 days after hatching and 5.45−6.68 mm within 14 days, when the size differences among the individuals reared under the same conditions are becoming prominent. Within 29 days after, the larva attained 7.20−10.22 mm in total length and the largest one being in the end of post-larval stage, but the eyes are still symmetrical. The metamorphosis characterized by the eye migration from left to right side of th body begins at the stage of 13 mm in total length and completes after 20mm when the larva has been passed 78 days after hatching. The membranous part of the pectoral fins dropped down during the stages of 16-18mm in total length.

Concerning the growth and survival, ecology, abnormality of pigmentation and the deformity of the larvae observed under the rearing conditions are also discussed briefly.

海産魚の人工種苗生産技術は，最近急速に開発されてきて，量産化の試みがいろんな種類について行なわれている。しかし，受精卵の採取を天然産の親魚に依存しているため，計画的に大量の卵を得ることに困難を感ずる場合が多い。そこで，健全な受精卵を大量に得ることを目的とした産卵親魚の養成が緊急な問題として取りあげられ，多くの機関で研究され始めてきた。

瀬戸内海栽培漁業センター伯方島事業場でも，この問題を解決するために，昭和42年12月に親魚養成池を建設し，研究に着手した。まず始めに，12月から産卵が始まるイシガレイの親魚を養成池に収容し，池内での産卵について実験してみることにした。幸い，親魚収容直後から約３カ月にわたり，断続的ではあるがかなり大量の受精卵を得ることができ，親魚養成による大量採卵について一応の見通しが得られた。同時にイシガレイの卵発生，ふ化仔魚の飼育による変態経過の観察なども行なうことができたので，それらについて報告する。

なお，本研究の一部は，文部省科学研究費特定研究「生物圏の動態」研究によってなされた。

1. 親魚養成池内での産卵

カレイ類の成熟親魚を飼育池内に収容し，受精卵を得る試みは今世紀初めから成功していた（Herdman, 1904（Bowers, 1966による））。今回の実験に用いた親魚は，1967年12月17日に燧灘の四阪島周辺において，小型底びき網（マンガ）によって漁獲された全長約30～45cmの成熟親魚約50尾である。これらの親魚は操業中の漁船から直接建造直後の親魚養成池へ搬入された。放養の際にすでにかなり衰弱し，池内でへい死することが予想される個体もあったが，池の構造上池内でのへい死魚の確認ができなかった。したがって，実験に用いた親魚の正確な尾数は不明である。親魚の性比は，外見によって調べた限りでは，ほぼ１：１であった。雌雄とも完熟状態にまで達していた個体は少なく，大部分のものは腹部を圧しても卵や精を放出しなかった。

親魚養成池は10×12×深さ3.5m の角型池で，容量は420トンである。注水口は池の底近くの壁面にあり，排水溝は注水口とは反対側の角の水面に設置されている。この池には，イシガレイのほかに約 100尾のキジハタ，約 100尾のカサゴ，各数尾のマダイ，スズキ，クロダイが収容されていた。イシガレイを収容した翌日から，毎日生きている小型エビ，イカナゴを餌として与えた。実験期間中の水温は Fig. 4. に示した。

親魚養成池内における産卵は，親魚の収容直後に若干認められたが，約１カ月後の1968年１月14日まではほとんど行なわれなかった。産卵の確認および産卵量の調査は，排水溝から流出する卵をプランクトンネットで集めて行ない，とくに本格的な産卵が始まった１月14日以降は，午前９時から午前０まで，２～３時間おきに集められた卵をとり出し，計量した。排水溝から流れ出す水量はかなり多く，しかも約 1.5mの落差

で下の排水溜めに落ちるので，そのままネットで受けると卵に大きな衝撃を与えることになる。そこで排水溝のすぐ下に別の容器で排水の一部を受け，そこにネットで沪しとられた卵を誘導するようにした。集められた卵は，海水で洗い，ごみを除いた後にメスシリンダーに移し，浮上した卵（受精卵）と沈下した卵（未受精卵，死卵）とに分けて計量し，産卵量および受精率の経時変化を検討した。こうした計量結果から産卵および受精率の経時変化を考察する場合には２，３の問題点がある。すなわち，池の構造から考えて，池内で産卵された卵が短時間のうちに全部流出しないこと，とくに海水よりも比重の大きくなった未受精卵や死

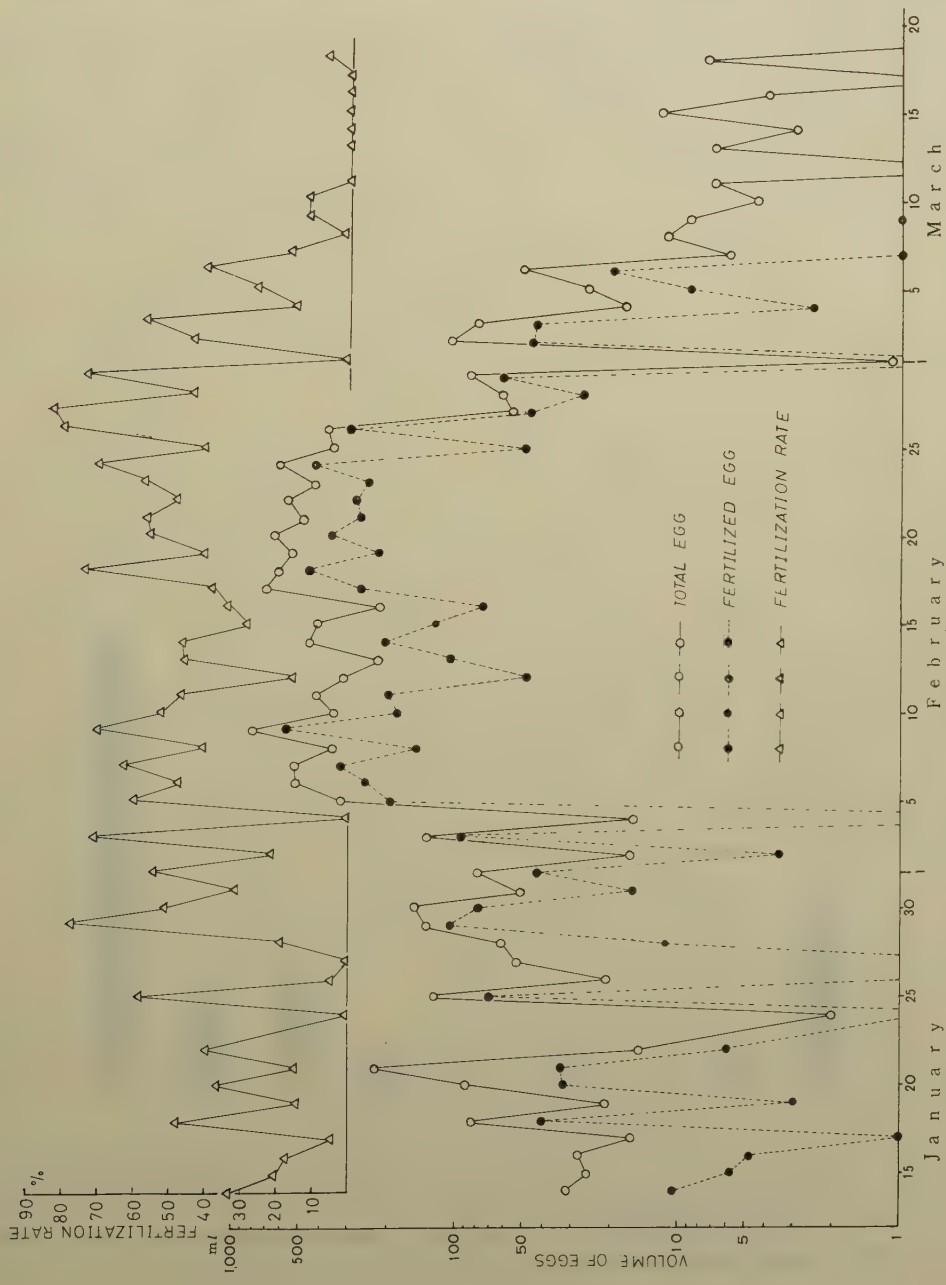


Fig. 1. Daily amount of eggs spawned in the pond and their fertilization rate.

卵の流出は，浮性の受精卵に比べて時間的にずれがあり，また場合によっては池底に沈降してしまって流出しないことも考えられる。また，今回の実験では，ネットに集められた卵のうち，海水に浮ぶものを受精卵，沈むものを未受精卵として処理したが，浮上している卵の中にも未受精卵があり，反対に受精卵が何らかの原因で死んだ場合は沈んでしまうこともあろう．しかし，実験の目的が人工種苗生産の材料となりうる健全な卵を簡便な方法で大量に得ることにあるので，ここでは，こうした方法で集められた卵のうち発生を続けてゆく可能性のあるもの（浮上している卵の大部分）を一応受精卵とし，浮上卵と沈降卵の流出時間のずれも考慮せずに受精率を検討した。

1968年1月14日から3月19日までの日別産卵量，受精卵量および受精率をFig. 1. に示した。図では卵量を容積で示したが，1㎖中にはおよそ 700個の受精卵が含まれている。未受精卵の場合は，異物の混入が避けられないので，単位容積あたりの卵数は受精卵の場合よりいくらか少ないが，補正は行なっていない。

図からもわかるように，この期間は3期に大別される。すなわち，1月14日から2月4日までの産卵量は2—230㎖，平均約65㎖であるが，2月5—26日には220—280㎖，平均約500㎖と急増し，2月27日—3月19日には0—110㎖，平均約 25㎖に激減した。したがって，親魚養成池内での産卵は，前期，盛期，後期から構成されており，各々の期間の長さはいずれも22日であった。

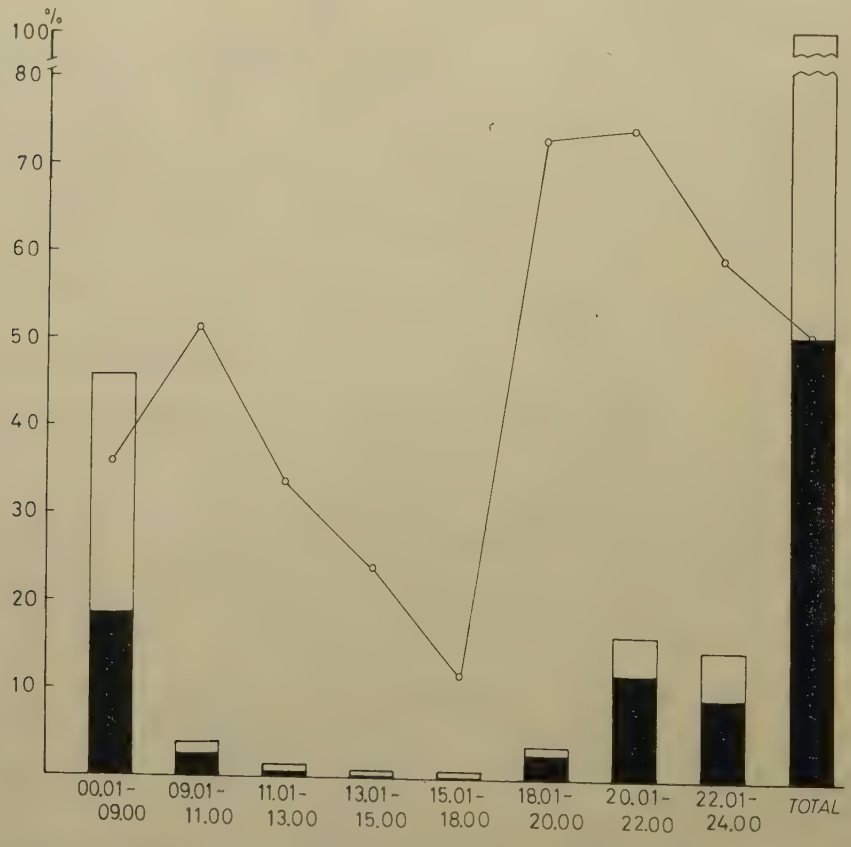


Fig. 2. Hourly change of amount of eggs and their fertilization rate spawned in the pond from 14, January to 5, March, 1968. The black and white poles indicate fertilized and unfertilized eggs respectively. Solid line with open circles indicates fertilization rate.

受精率の日別変化には，産卵量に示された前，盛，後期に対応するような傾向は認められなかったが，ごく一般的に言えば，産卵量の多いときに受精率も高いといえよう

1日内の産卵量と受精率の時間的変動を示したのが Fig. 2. である。この図は1月14日から3月5日までの期間に，時間別に計量された卵量を集計し，百分率で示したものである。図に示されたように，昼間の産卵はきわめて少なく，日没後に多くなってくる。午前0時以降の産卵状態には不明な点が多いが，前夜半よりも後夜半の方が産卵は盛んなようである。ただ後夜半に産卵されたものの方が受精率が低い結果が得られているが，このことは，前にも述べたように，沈下卵の流出に時間的なずれがあることとネットに集められた卵が長時間排水の衝撃を受け，死卵を生じたことも影響しているらしい。午前9～11時にも少量の卵が得られていることは，朝にも産卵が行なわれたことを示している。

天然の海における本種の産卵時刻については，まだ十分な知見はない。1967年12月10～12日に燧灘で行なった調査によって採集された天然卵の発生過程から逆算して，午後2—7時には確実に産卵が行なわれていることとそれ以外の時間でも産卵が行なわれているらしいことがわかった。しかし，この調査に関する限りでは，夜間に産卵が集中する傾向は認められなかった。

本種の産卵期は，北海道高島で11～12月（倉上，1914），余市沖合で2～4月（北水研・ほか，1954），東京湾で12～2月（倉上，1914），瀬戸内海中部海域では12～1月，盛期は12月下旬（岡山県水試，1964）とされている。今回観察された親魚飼育池内での産卵盛期2月であった。このことは，産卵盛期直前に漁獲された成魚を池に収容したため，1.5ヵ月の遅れを生じたものと考えられる。

2. 卵 内 発 生 (Fig. 3. A—T)

わが国に産するカレイ類の卵内発生については，すでに多くの種類について明らかにされており，水戸（1963）によってその概要が整理されている。その後もメイタガレイ（田北・藤田，1964），ムシガレイとヤナギムシガレイ（藤田，1965），ホシガレイ（田北・藤田・道津，1967）についての報告がある。イシガレイについては，倉上および北水研・ほかの報告があり，すでに判明しているので，この報告では簡単に述べる。

卵内発生の観察およびふ化仔魚の飼育実験は，主として人工授精によって得られた卵によった。人工授精は1967年12月17日午後5時30分に，親魚養成池へ収容する成熟魚のうちから雌雄2尾ずつ（雌全長320，400㎜，雄全長300㎜）を選び，乾導法によって行なった。受精時の海水温は14.8°C，受精卵は約30,000粒が得られ，それらは室内の木製水槽内に吊した径70cm，深さ40cmのテトロン網に入れ，網の周囲には沪過海水を流して換水を図った。受精後18時30分後に，網の中の卵のうち1,000粒を40ℓの容積を持つパンライト円形水槽2個に500粒ずつ収容し，水槽の周囲に海水を流して水温を一定に保ちながら止水で飼育し，卵，仔稚魚期における歩減りの状態などを調べた。

本種の卵は径1.03—1.10㎜（モード1.05－1.08㎜，40個測定）の球形分離浮性卵で，油球はない。卵黄および卵膜は無色透明で特殊な構造はなく，卵膜腔は狭い。実験中の水温はFig. 4. に示した通りである。

受精して1時間30分後には胚盤の形成が十分に進み，2時間後に第1分裂が起こった（Fig. 3. A）。その後30～60分の間隔で分裂が起こり（B，C），6時間30分後には morula 初期に達した（D），12時間30分後に blastula 期（E），20時間30分後に gastrula 期（F，G）に達し，28時間後には胚体の形成（I），31時間30分後には脊索の分化が始まった（J，K）。36時間30分後には眼胞と3，4個の筋肉節が分化し，胚孔が閉じようとしてきた（L，M），40時間30分後には胚孔は完全に閉じ，7－9個の筋節が分化し，Kupffer 氏胞も出現し，胚体の主として背側に黒色素胞の原基が現われた（N）。45時間30分後には15筋節期に達し，胚体上の黒色素胞は数を増すとともに，胚体に接した卵黄上にも黒色素胞が出現してきた（O，P），49時間後には18—19筋節期に達し，レンズの分化が始まった。53時間後には22—23筋節期に達し，レンズと耳嚢が分化し，胚体の尾端は卵黄から遊離したが，Kupffer 氏胞はなお大きい。胚体上の黒色素胞は数を増すが，卵黄上のものは個体によってその数が著しく異なり，数個のものから30個ぐらいまで認められたが，それらはいずれも卵黄の胚体側半球面上だけに分布していた（Q，R），61時間30分後には胚体は卵内の½を回り，

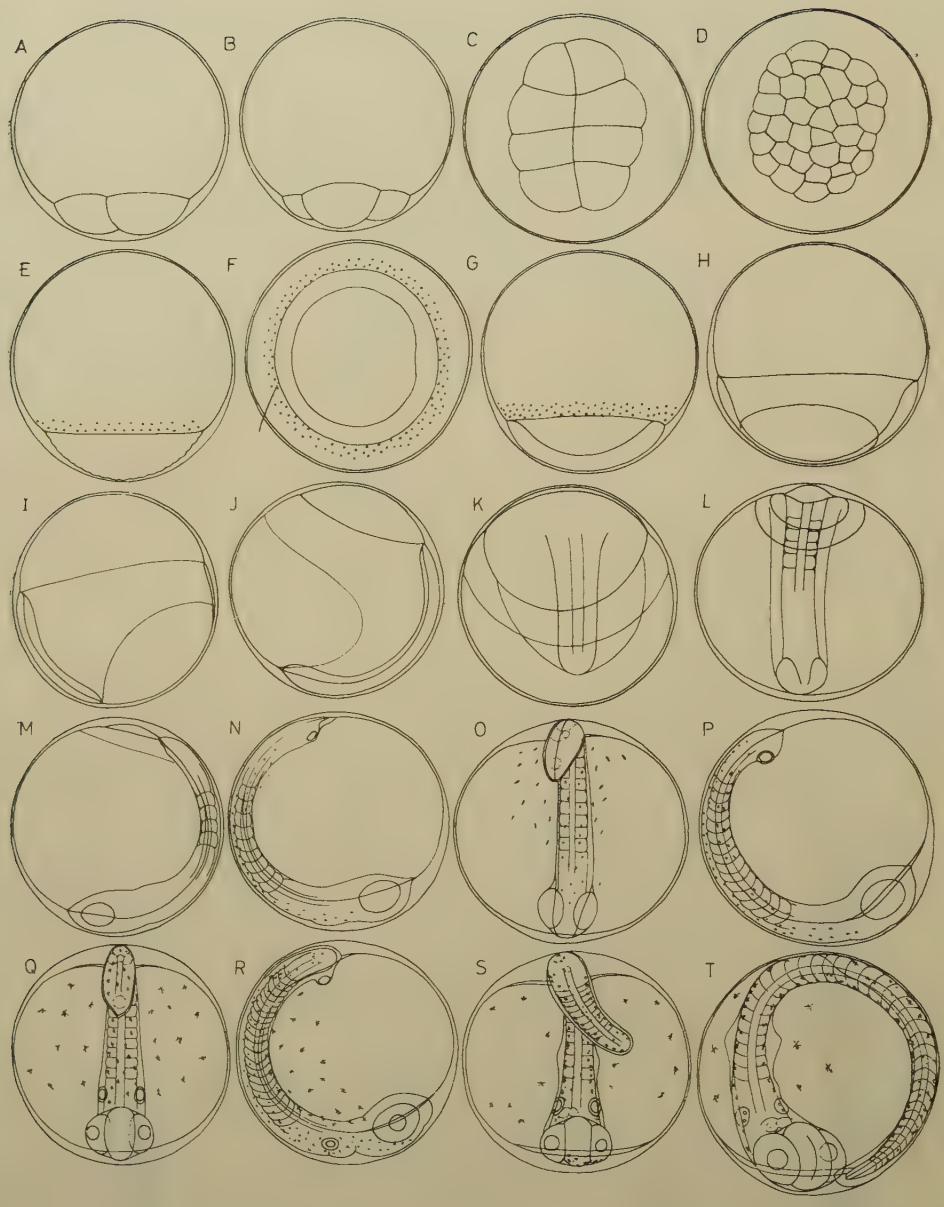


Fig. 3. Developing eggs of *K. bicoloratus*. A. 2-cell stage, 2 hr 5 min after fertilization. B. 4-cell stage, 2 hr 30 min after. C. 8-cell stage, 3 hr 30 min. D. Early morula stage, 6 hr 30 min. E. Blastula stage, 12hr 30 min. F, G. Gastrula stage, 20hr 30 min. H. Late gastrula stage, 24hr. I. Formation of embryo, 28hr. J, K. Appearance of notochord, 31hr 30 min. L, M. 4-mynotome stage, just before the closure of the blastopore, 36hr 30min. N. 9-myotome stage, appearance of melanophores on the embryo, 40hr 30 min. O, P. 15-myotome stage, appearance of melanophores on the yolk surface, 45hr 30 min. Q, R. 22-myotome stage, formation of lenses and ear vesicles, 53hr. S. 35-myotome stage, appearance of xanthophores on the embryonal body, 61hr 30 min. T. 75hr 30 min after, 4 hr before hatching.

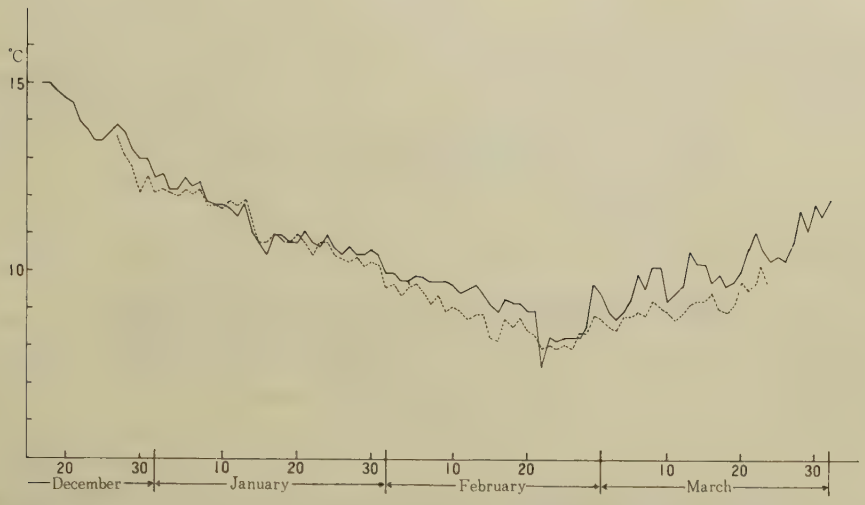


Fig. 4. Pond (broken line) and lavae rearing tank (solid line) water temperatures.

胚体の運動が認められた。筋節数は33—35，心臓が形成されたが，まだ鼓動していない。Kupffer 氏胞は消失しかけてきた（S）.65時間30分後には胚体は卵内の¾を回り，胚体上に黄色素胞が出現した。75時間30分後には胚体は卵内をほぼ1周し，黄色素胞は発達して胚体の全側面をおおう。卵黄上には黄色素胞は出現しない。筋節数は約40（T）。79時間30分後に最初のふ化がみられ，その後4—5時間のうちにほとんどの仔魚がふ出した。

倉上は，北海道産のイシガレイでは卵内発生中に卵黄上にも黄褐色素胞が出現すると述べているが，今回の観察では卵黄上に出現する色素胞は黒だけであった。なお，北水研・ほかの報告ではこの点は明らかではない。

3. 仔　　魚　　期（Fig. 5．A—F）

ふ化直後の仔魚は全長2.95—3.14㎜，5時間後の仔魚（Fig. 5．A）は尾部が多少伸長して全長は3.05—3.25㎜，胸鰭はすでに現われている。肛門は卵黄の直後，体の中央よりやや前に開く。樹枝状の黒色素胞は体の背面に多く，前頭部から尾端近くまでに約30個が分布し，体の腹面には直腸部から尾部中央のやや後方まで，背面のものよりは小型のものが約10個並ぶ。体側中央には少ない。卵黄上の黒色素胞の数は個体によって異なり10—20個。黄色素胞も樹枝状で，頭部では全面に散在するが，腹，尾部では背腹に分れて分布し，体側正中線上には少なく，卵黄上には分布しない。膜鰭には顆粒構造が認められるが，あまり著しくない。膜鰭には色素胞はない。筋肉節数は 13＋27＝40（本種の脊椎骨数は38—39）。

ふ化後1日の仔魚は全長 3.68—3.81㎜，尾部の伸長が著しく，肛門の位置は体の中央よりかなり前に移る。色素胞は黒，黄とも数と大きさを増し，頭部から尾部後方までの体側全面をおおう。卵黄上には黒色素胞だけが分布，膜鰭には色素胞はない。筋肉節数は 12＋27＝39。

ふ化後2日の仔魚は全長 4.10—4.27㎜，胸鰭は大きく発達し，卵黄はかなり吸収され，肛門は体の前方から⅓の辺に位置する。眼に黒色素胞が出現してきたが，口はまだ開かない。黄色素胞は褪色し，黒色素胞は再び体の背腹面に分れてくる。消化管背面には密に分布した黒色素胞がみられる。筋肉節数は 11＋(27—28)＝38—39.

ふ化後3日の仔魚（Fig. 5．B）は全長4.21—4.51㎜，卵黄の大部分を吸収し，口が開く。肛門の位置，色素胞の分布状態，筋肉節数などは前の発育期と変わらない。

ふ化後4日の仔魚は全長 4.55—4.81㎜，卵黄をほとんど吸収し，消化管前方にくびれを生じてくる。体

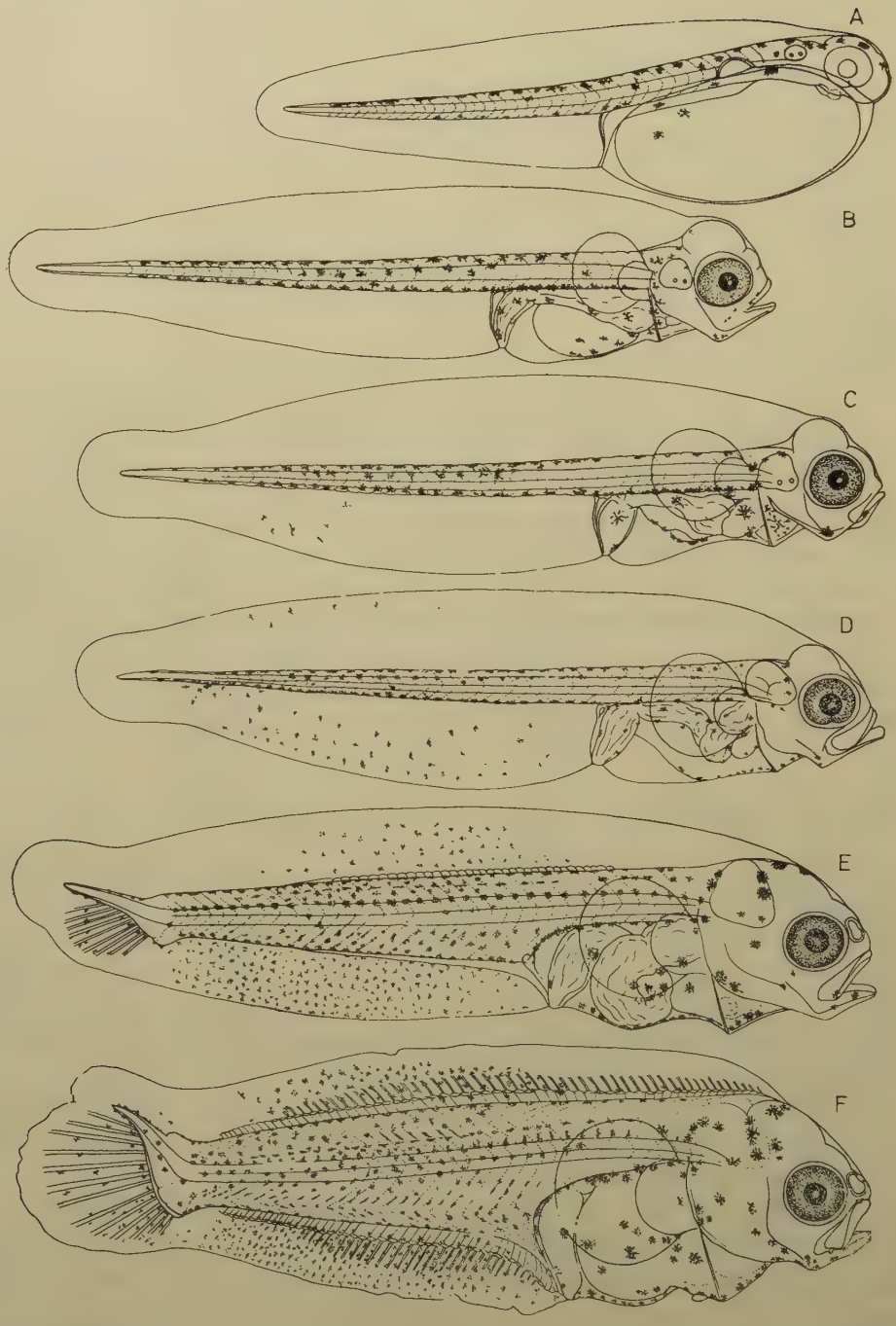


Fig. 5. Pre and post larval stages of *K. bicoloratus*. A. Larva 5 hours after hatching, 3.17mm in total length. B. Larva 3 days old, 4.51mm. C. Larva 5 days old, 4.72mm. D. Larva 10 days old, 5.53 mm. E. Larva 29 days old, 8.27mm. F. Larva 29 days old, 10.22mm.

の前方の黒色素胞がいくらか減少し，黄色素胞は褪色してきた。肛門の位置や筋肉節数には変化はない。

ふ化後5日の仔魚（Fig. 5．C）は全長4.55—4.72㎜，卵黄を吸収し尽し，消化管前方に1回転部を生じてくる。腹膜鰭後方に黒色素胞が出現してきたが，他の部分の色素胞には大きな変化はない。筋肉節数は変わらず 11+28=39，仔魚後期に入る。

ふ化後10日の仔魚（Fig. 5．D）は体長 5.02—5.23㎜，全長 5.32—5.53㎜，体の各部比はふ化後5日の仔魚と大差ない。黒色素胞は数を増し，体側では背側正中線上に1列，脊索上縁に沿って1列，腹側正中線を挟んで左右に各1列があり，下顎から消化管回転部後方下までの体腹面には密に並んだ1列がある。腹膜鰭内の黒色素胞は数がふえ，尾端を除く全域に分布し，背膜鰭後方にも数個出現してくる。筋肉節数は9+29=38。

ふ化後14日の仔魚は体長 5.15—6.34㎜，全長 5.45—6.68㎜となり，同一飼育条件下でも大きさに差がでてくる。体高がいくらか大きくなり，黒色素胞の数が増してくるが，とくに膜鰭上のものの増加が著しい。

ふ化後19日の仔魚は体長 4.95—7.13㎜，全長 5.20—7.49㎜，体高を増し，単一ではあるが，鼻孔が形成された。脊索末端はまだ上屈していないが，尾下骨の分化が始まってくる。膜鰭上の黒色素胞はさらに数を増すが，腹膜鰭上に分布するものの方が著しく多い。

ふ化後24日の仔魚は体長 5.45—7.60㎜，全長 5.75—8.00㎜，尾下骨の形成が進み，尾鰭の鰭条原基が現われてくる。黒色素胞の分布は前発育期のものと大差はない。膜鰭上の黒色素胞は，腹膜鰭上に多く，しかもその分布にはほとんど個体差はない。背膜鰭上の黒色素胞の数は腹膜鰭上のものより少なく，しかもその数は個体によってかなり異なっている。

ふ化後29日の仔魚は体長 6.83—9.42㎜，全長 7.20—10.22㎜，成長には著しい差がみられ，成長のよいものでは稚魚期に入ろうとしている。このように，同一飼育期間でも成長差が著しく，こうした傾向は飼育期間が長くなるほど助長されてくるので，以下に述べる仔・稚魚期の形態的記載は，飼育期間には関係なく主要な発育期について行なった。

全長 8.74㎜，体長 8.37㎜（Fig. 5．E），ふ化後29日。脊索末端は上屈し，尾鰭の形成が進み，背鰭基底が体の中央部に出現してくるが，臀鰭基底はまだ出現しない。体高を増し，体は著しく側扁してくる。樹枝状の黒色素胞が頭部背面，鰓蓋部，下顎に散在し，体側では背中線を挟んで2列，脊索上縁に沿って半ば筋肉中に埋もれた1列がそれぞれ尾端近くにまで分布し，別にそれらの中間にもやや短い1列があり，脊索より背方には3本の縦列が認められる。体の腹面の黒色素胞は，下顎下方から肛門付近までの腹中線上には密な1列があり，腹腔部にはやや大型のものが散在し，腹腔の背面にも多い。尾部腹面には，腹腔後端から尾下骨までの腹中線上に1列が並び，脊索と腹中線の間には各筋肉節に沿って斜に並ぶ列がある。膜鰭上には多数の黒色素胞があり，腹膜鰭ではほぼ全面，背膜鰭では中央に分布し，尾鰭内にも少数がある。

全長10.22㎜，体長9.29㎜（Fig. 5．F），ふ化後29日。前発育期に比べてさらに体高を増し，側偏の度合いも大きくなる。背・臀鰭とも担鰭骨帯が発達し，背鰭には63，臀鰭には46の担鰭骨が形成され，両者とも定数に近い。また鰭条もそれぞれ 52および 31本が認められる。尾脊索の上屈も著しく，尾鰭は完成に近づく。胸鰭は膜状，その下方腹面には腹鰭が小さく出現した。黒色素胞は数を増すが分布状態は前発育期と大差ない。体は全く左右相称，仔魚後期の終わりと考えられる。

4. 稚　魚　期（Fig. 6．A—E）

全長11㎜を越えるころから稚魚期に入る。稚魚期の始めには体は外見上左右相称であるが，詳しくみると体の左右で吻の長さが違う。すなわち，左眼が右眼よりいく分前方に寄っているため，右側の吻長が左側より長い。全長13㎜に達すると左眼が右側へ移り始め，体は相称性を失なってくるし，色素胞も無眼側では少なくなってくる。全長 12—80㎜の稚魚ないし幼魚32尾の計測によると，背鰭条数は 66—75本（モード 68—71本），臀鰭条数は 46—52本（49—50本），腹鰭条は完成後は6本であった。

全長 11.94㎜，体長 10.34㎜（Fig. 6．A），ふ化後47日。体形は前発育期と大差ない。体の左右におけ

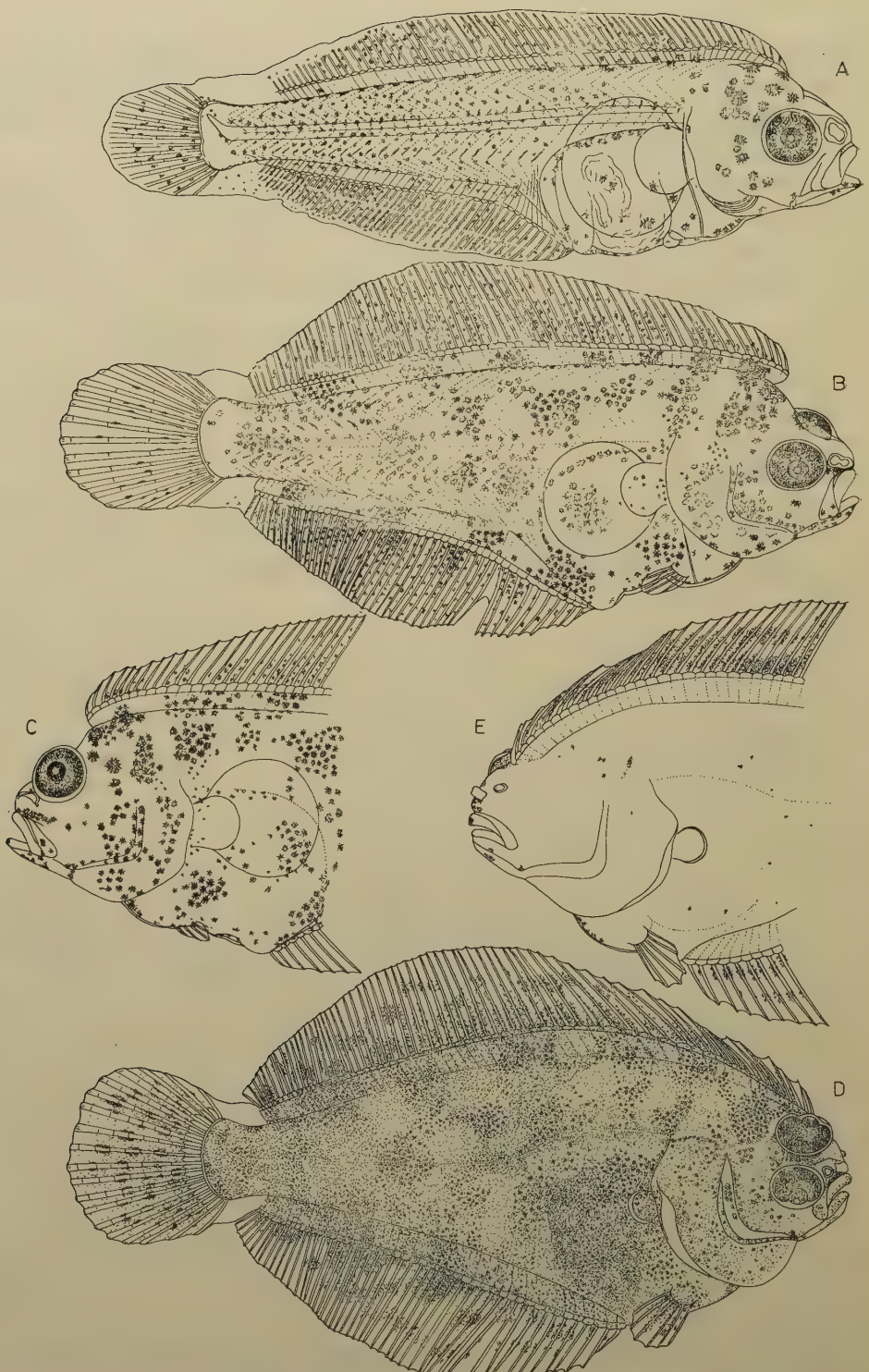


Fig. 6. Metamorphosis stages of *K. bicoloratus*. A. Larva 47 days old, 11. 94mm in total length. B. Larva 47 days old, 14. 40mm. C. Ditto, left side. D. Larva 78 days old, 19. 48mm. E. Ditto, left side.

る吻長差は 0.3mm，背鰭および臀鰭はほぼ完成し，鰭条数はそれぞれ67，48本，背鰭前端は右眼の瞳孔後端の直上にまで前進している。脊索末端は突出せず，尾鰭はほぼ完成された。体側および鰭上の黒色素胞は数を増すが，はん紋などは形成されないし，体の左右で分布が違うようなこともない。

全長 14.40mm，体長 11.88mm（Fig. 6．B，C），ふ化後47日。臀鰭起部における体高が著しく増すとともに背鰭および臀鰭が長くなり，体の形は成魚に似てくる。左眼の右側への移動が進み，その上縁は右側から十分に認められるようになる。背鰭前端の位置は前発育期にほぼ等しいが，前端は鉤状に曲がり，いく分前額部へ垂れ下がっている。また，左眼の通路にあたる部分はくぼんでいる。背鰭は67条，臀鰭は49条，腹鰭は大きくなり，4本の鰭条が形成されている。胸鰭は大きいが，依然として膜状である。鼻孔は中央にくびれを生じてくるが，まだ単一である。体側の黒色素胞は集まってはん紋を形成する。このはん紋は体の左右でほぼ同じであるが，無眼側になる方の発達が若干が劣っているようである。

全長 19.48mm，体長 15.97mm（Fig. 6．D，E），ふ化後78日。前発育期よりさらに体高を増す。左眼は完全に右側へ移り，前額部のくぼみも消失する。背鰭は前進し，その前端はいくらか無眼側へ偏し，瞳孔前端に相当する場所に位置する。鼻孔は前後に分かれ，前鼻孔は管状を呈する。側線が出現してくる。背鰭は68条，臀鰭は49条，腹鰭は6条である。胸鰭は基部を残して膜状部が全部脱落してしまい，鰭条はまだ現われていない。胸鰭膜質部の脱落は全長 17.91mmの個体で初めて認められ，一方膜質部を持っていた最大の個体は全長15.82mmであった。

5. 飼育結果からみた仔稚魚の成長，歩減りおよび生態

今回の実験は，親魚を陸上の飼育池内で養成して大量の受精卵を得ることができるかどうかおよび仔稚魚の形態的変化を飼育によって明らかにすることが主要な目的であった。したがって，ここでは今回の実験を

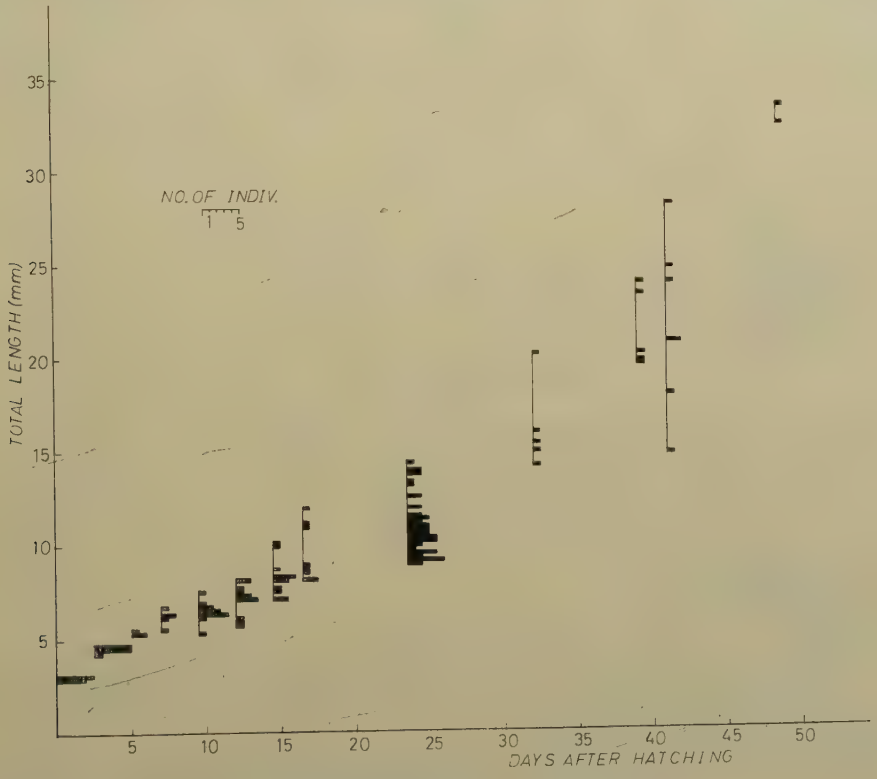


Fig. 7. Size frequency distribution of rearing larvae.

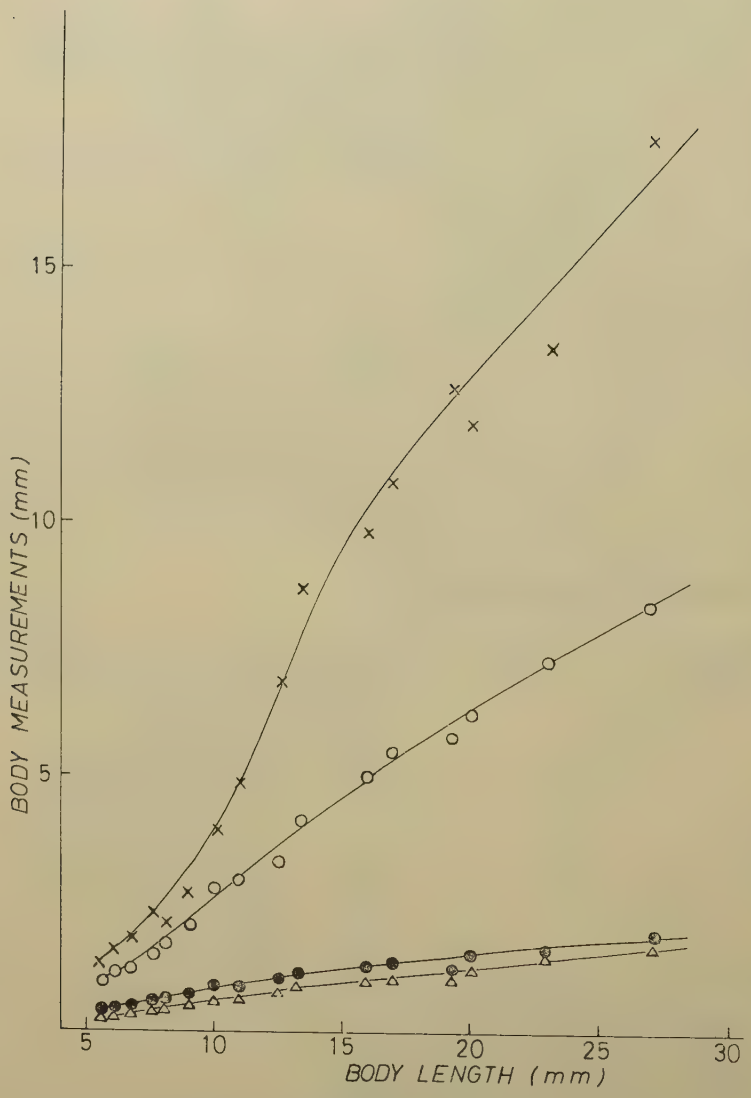


Fig. 8. Relation between body length and various body measurements.
×—×；greatest body depth including dorsal and anal fins.
○—○；head length. ●—●；eye diameter in right side.
△—△；snout length in right side.

通じて観察できた仔稚魚の成長，歩減りおよび生態については簡単に紹介する。

カレイ類の人工種苗生産に関しては，plaice (*Pleuronectes platessa* Linne) について Shelbourne およびその共同研究者による一連の詳しい報告がある。筆者らも今後種苗の量産を目的とした研究を意図しており，仔稚魚の飼育技術に関してはその研究が終了した時点で報告したい。

以下に述べる結果は，1967年12月17日に人工授精を行なって得た卵と同日親魚養成池内で産卵された卵からふ出した仔魚の飼育によって得られたものである。飼育期間中の水温は Fig. 4. に示した。

ふ化仔魚は，容量40 ℓのパンライト円形水槽に収容し，止水で適量の通気を行ないながら飼育した。ふ化後10日までは，飼育水の状態に応じて1日1回少量の換水を行ない，10日を過ぎると換水量を徐々に増し，変態期に入ると1日に1回全量の約¾を換水した。変態を完了した個体は流水飼育に変えたが，ここでは止水飼育期間内に限って報告する。

仔魚にはふ化後3—4日後からシオミズツボワムシ *Brachionus Plicatilis* Müller を与え，14日以降は *Artemia* nauplius，16日以降は伯方島事業場の近海で採集した動物プランクトンを追加した。シオミズツボワムシの投与はふ化後21日で止めた。したがって，ふ化後22日以降は *Artemia* mauplius と海産物プランクトンを混合したもので飼育したことになる。

供試個体数の関係もあって，発育途上の成長を詳しく追跡することができなかったが，その大要はFig. 7

に示す通りであった。成長差はふ化後10日を過ぎると徐々に顕著になり，41日後には全長の最小は14.8mm，最大は28.2mmとなった。47日後のものは，成長の良かったものだけを測定したので，図に示したような結果になっているが，成長差は41日後のものと大差はなかった。

成長に伴う体の各部の長さの変化は Fig. 8. に示した通りである。Okiyama (1963) はヒレグロ *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt) の変態期における体の各部の長さの変化を報告しているが，それとほぼ同じく，変態初期における体高の増加が著しい。他の部分の長さ，すなわち頭長，有眼側眼径および吻長は，体長の伸びにほぼ比例して大きくなり，図では直線に近い形で示されている。これらの直線の傾きは，体長65mmぐらいの幼魚期までほとんど変わらない。一方，体高（背鰭および臀鰭を含む）は変態期に入ってから急に大きくなり，変態終了後はほぼ体長の伸びに比例して大きくなる。異体類の発育初期における発育段階に関しては，Shelbourne (1957)，Ryland (1966) の plaice，および沖山 (1967) のヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) についての提示がある。イシガレイに Ryland の発育段階を適用してみると，Fig. 5のA—Dが1a—1dに相当し，Fig. 5. のEが3a，Fが3b，Fig. 6. のAが4a，Bが4b，Dが5となる。Ryland の発育段階は，きわめて詳細に分けられたものであるが，沖山も述べているように，そのまま他の種類にあてはめるには，多少の混乱が生じてくる。とくに尾背索の彎曲角度を規準にした3a—3cには紛らわしい部分があって，沖山が提示したように簡略にした方がよいように思う。しかも，発育段階は単に形態的な変化だけでなく生態的な変化や各段階を経過するに要する時間なども考えて検討すべきであろう。

ふ化後47日までの飼育期間中の歩減りの状態は Fig. 9. に示した。図に示した3例のうち，2例は人工受精卵，1例は親魚池内で産卵された卵の飼育結果である。いずれも500個の卵から飼育を始め，ふ化後10日からへい死魚の数を調べた。したがって，卵期から仔魚後期の始めまでのへい死は推定である。人工授精卵の場合と池内で産卵されたものの間に推定値に大きな差があるのは，次のような理由からである。人工授精卵の場合は，発生観察のためこの実験とは別に小型容器で飼育したが，その時には，卵期および仔魚前期のへい死はきわめて少なかった。一方親魚池内で産卵された卵については，こうした観察を行なってはいない

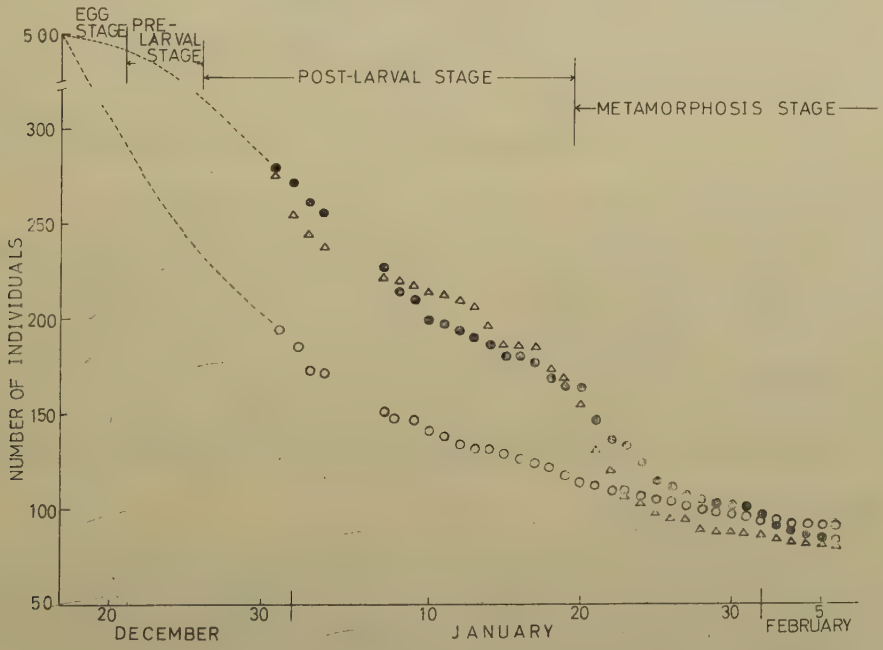


Fig. 9. Pattern of survival in early stages. ●, △ ; from artificially fertilized eggs. ○ ; from pond spawned eggs.

が，Bowers (1966) によれば，漁獲後あまり時日を経ない池内で産卵した場合には，その卵の発生初期の死亡は45—50%もの高率に達したことを報告しているし，今回の実験に用いた卵は排水溝から流出したものをネットで集めたため，異常な衝撃を受けて発生やふ化に障害があったことも考えられる．こうしたことから池内で産卵されたものについては，卵期および仔魚前期の歩減りが大きいものとした。

ふ化後10日以降の仔稚魚のへい死状況も人工授精卵から由来したものと池内産卵のものとでは異なっている．人工授精卵からふ出した仔魚には，仔魚後期の前半と変態期に入ってすぐに著しい減耗がみられるが，池内産卵の場合には変態期に移る時期の大きな減耗はみられない．飼育容器の大きさ，餌料など飼育条件については3者の間に全く差異はなかったので，こうした差がなぜ生じたのかよくわからない．考えられる理由として，まず人工授精卵と池内で産卵された卵からふ出してきた仔魚には活性に違いがあること，つぎに池内産卵の卵からふ出した仔魚は人工授精卵からふ出したものに比べて少ない尾数から飼育が始められたらしいので，飼育密度の差が影響したことである。

卵の履歴がふ化仔魚の活性にどのように影響するかについては，Bowers (1966) が池内産卵の場合について親魚の収容時期と仔魚の活性との関係を述べている．それによれば，産卵期直前に親魚を収容した場合には，産卵された卵からふ出した仔魚の活性は，産卵期のかなり前から収容されていた親魚から産卵されたものに比べて明らかに劣るという．今回の実験に用いた池内産卵の卵は，Bower のいう活性において劣った卵である．一方人工授精卵の卵質については，現在判定の規準を持っていない．したがって，両者の間にみられる仔魚の歩減り状態の相違の原因を卵の履歴の相違に求めることは保留したい。

500粒の受精卵を飼育して，変態期の半ばに達した稚魚は80—92尾，16—18%の歩留りで，そのときの飼育密度は底面積に対してほぼ1,000尾/m²であった．実験終了時に生残していた稚魚の尾数が人工授精卵からふ出したものも池内で産卵された卵からのものも大きな差異がなかったのは，前に述べた飼育密度の効果によったのかも知れない。

仔稚魚は変態が始まる全長12mmごろまでは飼育容器の中，下層を，体をいく分蛇行させながら活ばつに泳いでおり，夜間には表層に浮上する傾向が認められた．体は透明で黒色素胞のほかに，橙黄色素胞や橙緑色素胞も分布していた．左眼の移動が始まり，体側に黒色はん紋が出現してくるようになると，水槽の中層を泳ぐ時間が徐々に短かくなり，容器の底や器壁に体の左側を着けて静止するようになり，泳ぐ時も頭を水面に向けて，垂直に近い形か斜上方を向く姿勢をとることが多い．また左眼が右側へ移動する途上にある稚魚では，右側が上になるように，体の背腹を連ねる軸を斜にして泳ぐ場合もある．急速に移動する場合は，成魚と同様に体を水平にして泳ぐ。

全長16mmごろに胸鰭の膜質部が脱落してしまうことは，すでに述べたが，同様な現象はメイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* (Temminck et Schlegel) (内田，1932)，ホシガレイ *Verasper Uariegatus* (Temminck et Schlegel) (内田，1933)，シタビラメ類 (落合，1966) についても報告されている。これらの種類では胸鰭膜質部の萎縮ないし脱落は，いずれも変態期に起こっているが，その意義は不明である。

Shelbourne およびその共同研究者は plaice の飼育中に，変態を終えたころから共食による鰭（とくに尾鰭）の欠損個体が出てくることを報告している．今回の実験でも，変態期中の個体はかなり高い密度で飼育したにもかかわらず共食いによる鰭の損傷はみられなかったが，変態を終え，流水飼育に移した個体は，以前よりはるかに低い密度の飼育にもかかわらず非常な高率（80%に近い）で鰭の損傷個体が出現した。

6. 奇形および色彩はん紋の異常

ヒラメ類の仔魚を人工的に飼育した場合には，形態および色彩の異常個体がしばしば出現することは，Shelbourne およびその共同研究者によって報告されている．今回の実験でもかなり多くの異常体色個体が出現した．体色の異常は有眼側の色素胞が少ないものと，無眼側にも色素胞が発達しているものとの2通りがある．有眼側の色素胞の発現欠除は，全体的な場合と局所的な場合とがあり，無眼側における色素胞の発現も，同様に全面におよぶ場合と局所的な場合とがある．ごく一般的にいえば，有眼側の色素胞の欠除は体

の前半，とくに頭部に起こることが多く，無眼側の色素胞発現は体の後半，とくに尾柄部に多い。色素胞の発達が体の両側とも著しく劣るいわゆる“白子”は，変態を終えた約 200個体中に 3 個体出現した。これらは眼は完全に黒かったが，体の他の部分にはほとんど色素胞がなく，わずかに背，臀，尾鰭内に少数の黒色素胞が分布していた。こうした体色の異常はすでに報告されている plaice の場合と変わらない。また，体色の異常個体の出現率は，成長するにつれて徐々に減ってゆくようである。

眼の移動が通常のものとは逆に，右眼が体の左側へ移るいわゆるヒラメ型の変態を行なった稚魚は 4 尾で出現率は 2％であった。この内の 2 尾はいわゆる“白子”で他の 2 尾はほぼ正常な体色の個体であった。また，わい小化した個体の出現も認められたが，奇形も含めて正確な資料を得ていないので，詳しいことは別の機会に報告したい。

7. 摘　　要

1967年12月17日に，瀬戸内海中部海域で漁獲されたイシガレイの成熟親魚を用いて，陸上池内における産卵および受精卵の飼育による卵，稚仔期の形態変化の観察を行なった。

漁獲された親魚は産卵期の直前のものが多かったが，陸上池へ収容したために，産卵が約 1.5月遅れた。池内での産卵には前，盛，後の 3 期が認められ，各々の期間は22日であった。産卵された卵のうち約半数は未受精卵ないし死卵であった。池内における産卵はほとんど夜間に限られていた。

卵は球形分離浮性卵で，径 1.03—1.10㎜，油球はない。14.2—15.0°C の水温では受精後80—85時間でふ化した。ふ化直後の仔魚は全長2.95—3.14㎜，体側には黒および黄色素胞，卵黄上には黒色素胞だけがあり膜鰭上には色素胞はない。筋肉節数は 13＋27＝40。ふ化後 5 日で卵黄を吸収し尽し，全長 4.55—4.72㎜，消化管は中央部で 1 回転し，腹膜鰭後方に黒色素胞が出現する。

ふ化後 2 週間を経過すると同一飼育条件下でも成長に個体差が現われてくる。ふ化後約 1 月で全長約10㎜に達し，背・臀鰭がほぼ完成するが，眼の移動はまだ起こらない。全長13㎜に達すると左眼の右側への移動が始まり，全長20㎜ごろに眼の移動は完了し，変態を終える。変態を終えるまでの飼育期間は約80日。変態を完了する少し前に胸鰭の膜質部が脱落する。なお，飼育実験中に観察された仔稚魚の成長，歩減り，生態色彩はん紋の異常，奇形などについても若干検討した。

文　　献

（＊は直接参照せず）

Bowers, A. B. 1966 : Marine fish culture in Britain VI. The effect of the acclimatization of adult plaice to pond conditions on the viability of eggs and larvae. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 30 (2), 196—203.

藤田矢郎. 1965：ムシガレイとヤナギムシガレイの初期発生と仔魚飼育. 日水誌, 31(4), 253—262.

原田輝雄・楳田　晋・村田　修・熊井英水・水野兼八郎. 1966：ヒラメの人工ふ化仔魚の飼育とその成長について. 近大水研報告, (1), 289—303.

*Herdman, W. A. 1904:“Sea fish hatching and rearing.”Rep. Lpool Mar. Biol. Comm., (18), 26—37.

北海道区水産研究所・ほか. 1954:北海道区資源調査要報第 9 号（以東底魚資源調査 No. 3）, 122pp.

Jakóbczyk, J. 1965:Investigations on the metamorphosis of *Rhombus maximus* L. (Pleuronectiformes). Zool. Poloniae, 15（3—4）, 191—211, 3 pls.

倉上政幹. 1914：北海道産 4 種のかれい類（Pleuronectidae）の卵及仔魚に就て. 北水試水調報, (3), 33—46, 4 pls.

倉田　博. 1956:クロガレイ稚魚の実験室における飼育について. 北水研報告, (13), 20—29.

水戸　敏. 1963: 日本近海に出現する浮游性魚卵—IX コバンザメ目およびカレイ目. 魚雑, 11 (3—6), 81—102, 13pls.

落合　明. 1966: 日本産シタビラメ魚類の形態ならびに生態に関する研究. 京大みさき臨海研特別報告, (3), 1—97, 2 pls.

岡山県水産試験場. 1964: 瀬戸内海中央部における魚卵・稚魚の出現とその生態. 幼稚魚生態調査報告書, 85pp.

Okiyama, M. 1963: Larvae and young of the witch flounder, *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt) at metamorphosis stage. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (11), 101—108.

沖山宗雄. 1967: ヒラメの初期生活史に関する研究 I. 後期仔魚の形態. 日水研報告, (17), 1—12.

Riley, J. D. 1966: Marine fish culture in Britain VII. Plaice (*Pleuronectes platessa* L.) Post-larval feeding on *Artemia salina* L. nauplii and the effects of varying feeding levels. J. Cons. perm. int. Mer, 30 (2), 204—221.

———and Thacker, G. T. 1963: Marine fish culture in Britain III. Plaice (*Pleuronectes Platessa* (L.)) rearing in closed circulation at Lowestoft, 1961. Ibid., 28(1), 80—90.

Ryland, J. S. 1966: Observations on the development of larvae of the plaice, *Pleuronectes platessa* L., in aquaria. Ibid., 30(2), 177—195.

Shelbourne, J. E. 1953: The feeding habits of plaice post-larvae in the Southern Bight. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 32(1), 149—159.

———. 1957: The feeding and condition of plaice larvae in good and bad plankton patches. Ibid., 36(3), 539—552.

———. 1963: Marine fish culture in Britain II. A plaice rearing experiment at Port Erin, Isle of Man, during 1960, in open sea water circulation. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 28 (1), 70—79.

———. 1965: Rearing marine fish for commercial purposes. Calif. Coop. ocean. Fish. Invest. Rept., 10, 53—62.

——— , Riley, J. D. and Thacker, G. T. 1963: Marine fish culture in Britain I. Plaice rearing in closed circulation at Lowestoft, 1957—1960. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 28(1), 50—69.

田北　徹・藤田矢郎. 1964: メイタガレイの卵発生と仔魚前期. 日水誌, 30(8), 613—618.

——・——・道津喜衛. 1967: ホシガレイの卵発生およびふ化仔魚について. 長大水研報, (23), 101—106.

内田恵太郎. 1932: 本邦産異体魚類の変態期前後 I　メイタガレヒ. 動雑, 44 (525), 234—241.

——. 1933: 本邦産異体魚類の変態期前後 II　ホシガレヒ. 同上誌, 45 (536), 268—277.

White, J. C. Jr. 1962: A reversed ambicolorate postlarval Gulf flounder, *Paralichtys albigutta*. Copeia, 1962, (4), 854.

遊佐多津雄・久保田清吾. 1961: イシガレイ *Kareius bicoloratus* (Basilewsky) の骨格化骨過程. 底魚情報, (30), 44—48.

目　　次

村上彰男
ノリ漁場における窒素収支 …… 1

川合英夫・坂本久雄
黒潮表層水の収束発散に関する研究－II
表層混合層の上部と下部における収束発散の実測 …… 19

川合英夫・坂本久雄
人工クラゲによる観測された東シナ海海底流について－I …… 39

松田星二
南西海区水域に出現する魚卵・稚魚の研究－I
出現種類と出現期 …… 49

工藤晋二・通山正弘・岡村收・森田正一
土佐湾陸棚崖産の底魚類の食性の研究 …… 85

通山正弘・工藤晋二
延岡湾の小型底びき網漁業について－I
その漁場環境 …… 105

ノリ漁場における窒素収支

南西海区水産研究所

村上　彰男

A BALANCE SHEET OF THE NITROGEN AS THE PLANT NUTRIENT IN A LAVER CULTURE GROUND

Akio Murakami

The movement of the nitrogen as the plant nutrient was quantitatively studied in a laver culture ground and its adjacent estuary from the viewpoint of understanding the amounts brought in and away by the inflowing river water, the sea water and the bottom mud. By examining and comparing the movement patterns in different seasons of the year and in different parts of the culture ground, the contribution of the river discharge to the nitrogen supply for the laver was evaluated.

It can be said that during January through February, when nitrogen consumption by the laver is at the maximum, leaching of nitrogen salts from the bottom mud into the sea water is scanty, and that river discharge is therefore a very precious source of nitrogen supply during this period.

§1．はしがき

水資源開発促進法により、筑後川水系は1964年に開発水系として指定され、'66年に基本計画として23 m³／secの取水を行なうことが公示された。この計画の有明海および筑後川漁業に及ぼす影響をは握するために、1965～'68年に水産庁による調査が行なわれた。筆者は調査団の一員として漁場環境に関する部門を分担した。

問題の一つに、筑後川の流量カットが漁場の栄養に及ぼす影響を想定することがあった。そこで、ノリ漁場における栄養を無機三態合計窒素としてとらえ、漁場、河、湾外、底質を含めたその出入の機構を定量的には握し、その中で筑後川に由来するものを評価する方法を試みた。事柄の性質上定量精度には幾多の制約が存在するが、このような問題は特に微視、巨視両面から追求する必要があり、解決の一手段として、窒素の収支をその機構にのっとってOrder estimetion の段階で量的にとらえようとした。Fig．1に関係水域を示す。

漁場における栄養塩の動態に関しては、奥田[1]をはじめ幾多の報告があるが、Cycle を全体として量的に取り扱った例は乏しいようである。この試みが漁場の栄養塩を論ずる上に、流入河川の側からみた窒素収支という点で何等かの参考になりうれば望外のよろこびである。御指導を賜わった須藤調査団長はじめ団員各位、協同研究を行なった河辺克己博士、御協力をいただいた福岡県有明水試、佐賀県養殖水試、福岡教育大学化学教室に厚く御礼申し上げる。資料については報告書[2]を参照されたい。

§2．窒素収支の機構

ノリ漁場を中心とした場における窒素の収支をある時間断面でとらえると、Fig．2に示すような模式図が得られ、漁場に現存する利用可能な窒素量は、図の白矢印の収入と斜線矢印の支出の差として規定しえよう。各項目は時と場所によってその値が変化するが、ここでは有明海湾奥域（三池・竹崎線以北 460 km²、平均水位時容積 2.4 km³）の年間の平均日量としてとしてとらえた。

2－1．河川水流入

Fig.3に1965年8月～1967年5月の各月1回の有明水試による、筑後川河口上流5 km地点における無機三態窒素合計（以下Total－Nと書く）濃度μg－atm／Lと、筑後川工事事務所による調査日の河口上流26 kmの瀬ノ下における筑後川流量m³／sec、および日流入Total－N量 ton／day（濃度×日流量）を示す。Total－Nは1966年1～12月を平均すると 7.7 ton／day となる。この内訳は都市廃水が流域人口40×10⁴人 下水当量 0.2m³／人／day、下水の窒素濃度25 ppm（約1,800μg－atm／L）として 2 ton／day となり、工場廃水が食品・ゴム関係の排水量22×10⁴ m³／day、濃度25 ppmとして 2 ton／day、農耕廃水は季節的ではあるが、流量を本流（年平均流量を100 m³／secとする）の15%、濃度を 1.5ppm として 2 ton／day となる。残余は筑後川自体の量と考えられる。

六角川の流量は、流域比からみて筑後川の13%にあたる。濃度は溶存および非溶存（浮泥中のもの）を合わせて、1967年7月および9月の河川調査では夫々筑後川の 6.4、 9.2倍で平均 7.8倍となる。従って流入Total－N量は筑後川とほぼ同量となる。他の諸河川については、流量が少なかったり、湾奥域に直接関係する度合が低いので除外した。

本項は収入のみであるが、このうち浮泥や微生物などの形で存在する非溶存のものからは、水中へ溶解したり、非溶存のままで域外へ流出したり、底泥に沈積したりする。

2－2．沖合との出入

一斉観測結果から三池・竹崎線上の測点U11、14、15、18において、測定時の流向が80～ 260度のときを流出期、それ以外を流入期として、各期別に表底層間5 mおきのTotal－Nの平均をとると次のようになる。（単位μg－atm／L）

年　月　日	'65．11．6	'66．3．8	'66．7．5	'66．9．1	'67．1．24	平　均
流　入　期	7.1	14.3	9.3	3.8	4.6	7.8
流　出　期	6.9	20.7	8.2	5.0	3.1	8.8

平均潮差を2 m とすると、1日2回の上下潮による海水の出入量は、

$$2\,m \times 2\,m \times 460\,km \fallingdotseq 1.8\,km^3/day$$

となり、Total －Nの出入量は差し引き25 ton／day の出超となる。

2－3．底泥および浮泥との出入

浮泥や生物の遺がいなどは、浮遊している間に窒素の一部を水中に溶出させるが、結局は底泥上に沈積する。底泥表層においてバクテリアなどの作用を受けて分解し、一部は間隙水中に浸出し底層水から表層水へと運ばれる。沈泥の一部は流れのために浮上し、これからも窒素の一部が溶出する。海域での浮泥の沈積量と浮上量を等しいと考えると、この項では底泥中から分解して溶出するものと、懸濁する浮泥から溶出するものとを考えればよいことになる。

Fig.4　に第5回一斉観測（1967年1月24日）における底泥中の全N濃度（湿泥に濃硫酸と分解促進剤を加えて加水分解したものをアルカリ性で水蒸気蒸留し、留液のNH_4－Nをネスラー法で定量したもの）γ／g・DM および振出率%の分布を示す。振出率とは、湿泥を窒素、燐を含まぬ人工海水と共に激しく振盪し、吸引沪過して沪液のTotal －N を振出窒素濃度 γ／g・DMとしたとき、その全Nに対する百分率をいう。第2～5回各一斉観測による面積加重平均を出すと次のようになる。

	'66．3．8	'66．7．5	'66．9．1	'67．1．24
全N γ／g・DM	816	840	1,184	2,812
振出率　%	1.8	4.4	2.4	0.6

全Nの量は低温期に多く、1月は7月の 3.5倍に達する。地域的には西部の粘土混入率の大きい地区に多く、筑後川流下水の通路に当る部分は少ない。振出率は高温期に大きく、低温期に小さい。全N量の小さい処では振出率が大きく、振出窒素濃度も高い。すなわち、有明湾奥域のように軟泥質の内湾では比較的底層の流れが速くて、結果的には粘土混入率の小さい場所では底泥からの窒素溶出率が高く、そのために底泥表層に残留する量が少なくなっているものと考えられる。

底泥から溶出する窒素量を算出するためには、底泥中の総量と溶出率を求める必要がある。前表に示す3月の結果では、底泥中の全N濃度は平均 816 γ／g・DM であるから、底泥の水分含有率を60%とすると、湿泥1 g当り 490γとなる。湿泥の比重を 1.7とし、全Nが底泥の0～5 cm層から溶出するものとすると、湾奥全域でのこの底泥総湿重量は 3.9×10^7 ton、その中の全N量は19,100 tonとなる。一方河辺[3]によれば、沖の端川河口沖南西1 kmで9月に採集した湿重量13.7 kgの底泥（全N濃度 300 γ／g・DM、水分含有率56.5%）をドーナツ型水路底に敷き、その上に26.8℃の海水を26.2 cm／sec で流したとき、1日に海水中に溶出してきたTotal －Nは、保有全N量の 0.5%にあたる 8.5 mgであった。

窒素が水中に溶け出す速さは、奥田[1]によれば、各温度で3日間底泥を広口瓶に入れ遮光、保温しておいたとき、各温度の海水に溶出してきたNH_4－Nの 量は、31℃ を1としたとき22～25℃で1、11～13℃で 0.84、1～2℃で 0.75 であった。また底泥を各温度に貯蔵したとき、底泥中に生成されるNH_4－N量は40日間の実験では直線的な増加を示し、最初の7日間について言えば、30℃を1としたとき25℃は0.81、20℃が0.52、15℃が0.23、10℃が0.11、5℃が0.06の割合であった。これらを組み合わせて、底泥から水中へ溶出する量の水温による変化比率は、30℃を1としたとき25℃は 0.8、20℃は 0.5、15℃は 0.2、10℃は 0.1、5℃は 0.05 と考えられよう。

河辺の実験で、溶出率 0.5%のときの水温は26.8℃であった。一方 '66年3月8日における有明海湾奥部の底層水温は13℃であるから、この水温係数を適用して、このときの溶出率を 0.5%× 0.2とみなす。従って底泥からの溶出Total －N量は、

$$19,100\times0.005\times0.2 \fallingdotseq 19\ ton/day$$

となる。このようにして他の一斉観測各回の値も算出すると、'66年7月5日89 ton／day、'66年9月1日111 ton／day．'67年1月24日3 ton／dayとなる。'65年11月6日は測定値がないので、有明水試が'66年10月～'67年9月にかけて、筑後川河口沖干潟で毎月1回測定した値を引用して42 ton／day を得た。

これら5回の平均は59 ton／dayとなる。

浮泥分布の一例として、Fig.4と同時の測定による表層（0～20cm層）、底層の浮泥濃度の各測定時平均の分布をFig. 5に示す。他の一斉観測各回についても同様に各層毎に面積加重平均濃度を出し、各回毎の表、底層の平均値を各回の湾奥域全域の浮泥濃度とする。一方、湾奥部海水容積は基準面下で1.45×10^9 m³あり、これに平均潮位2 m、面積460 km²の容積を加えて 2.4×10^9 m³となる。これらから各回の浮泥総重量を算出すると、それぞれ'65年11月 1.2、'66年3月 3.6、 '66年7月 2.6、'66年9月 4.7、'67年1月 2.3、$\times10^5$ ton となる。浮泥中に含まれる窒素については、'67年7月5日、9月5日、'68年1月25日の有明、養殖両水試の共同河川観測結果から、筑後川河口上流2、19、29km、六角川河口上流3、9 km牛津川河口上流10km各地点における分析値を平均して4 mg／g－Nを得る。浮泥からの溶出率を前述のように26.8℃で 0.5%とし、これに各回の水深別の水温係数を乗じて溶出Total－N 総量を求めると、順次 0.7、 1.4、 4.7、 7.5、 0.5 ton／dayとなり、5回の平均は3 ton／day となる。

以上から底泥、浮泥との出入りは、+62 ton／day となる。

2－4. ノリによる消費

湾奥域における年間総生産量は12億枚といわれている。1枚の重量を3 g、その窒素含有率を6%とすると、総窒素量は 216 ton となる。ノリ漁期は約4ヶ月であるが、これを年間を通じての平均になおすと0.6 ton／dayの消費となる。次にノリの現存量を算出しよう。漁期中のつみとり量は1日平均にして 600～2,000枚万（ 1.1～ 3.6 ton－N）といわれているから、平均をとって 2.4 ton／day－Nとする。つみとりが20日に1回行なわれるものとすれば、20日間のつみとり量は48 ton－Nとなる。これを20日目に1回まとめてつむと考え、且つそのときつみとり量の半量のつみ残しがあったものとすると、20日目の現存量は72 ton－Nとなる。1～20日目の現存量の平均を20日目のそれの $\frac{1}{2}$ と考えると、漁期中の平均現存量は36 ton－Nである。年間総つみとり量 216 ton－Nを4ヶ月の漁期中の日平均にすると 1.8 ton／day －Nとなり、これは現存量の5%にあたる。

2－5. 植物プランクトンによる消費

有明水試が 1964 年6月～'65年5月に行なったS、L線月例観測（大潮満潮時）で18測点において、XX13北原式ネットを50 cm／secの速度で曳網して垂直採集した結果により、24時間沈殿量の各月平均を植物プランクトンの現存量とみなす。沈殿量の7%を乾物量とし、窒素含有率を3%とすると、現存窒素量は88 tonとなる。ノリと同様に現存量の5%を1日に消費するものとすると、消費量は 4.4 ton/day となる。

2－6. 収支決算

以上を整理すると、次のように48の入超となる。（単位は ton／day）

収　　入		支　　出	
筑後川からの流入（溶存）	8	沖合との出入	25
その他の川からの流入（溶存）	8	ノリ消費	0.6
底泥との出入	59	植物プランクトン消費	4
浮泥からの溶出	3		
計	78	計	29.6

非溶存態や有機態の窒素量、および浮泥沈積量の測定が不十分であったから、非溶存態窒素の収支については量的に不明確な点が残されている。また底泥への蓄積や浮泥の域外流出、ネット採集物以外の植物による消費などは算出されていない。+48という数字は、こういった測定洩れや誤差にもとづくものと考えられる。

§3. 窒素収支の場所的時間的変化

以上の収支決算で、ノリによる消費は年間平均では収入の1%弱、漁期間平均としてもわづか2%にしか当らない。しかし、漁場、漁期という制約を考えるとき、ノリに対する重要性は必ずしも僅少とはいえない。

そのことを明らかにするためには、湾奥域全年平均から一歩進めて、場所的時間的に細かく検討する必要があろう。

3－1．場所的変化

一般にノリ漁場となっている干潟面上は海水の動きがよいが、特に有明湾奥域漁場は潮流による強混合域に存在するため、高温期といえども水平・垂直の混合がよく行なわれている。従って干潟部の窒素量算出の際、上述のように表層の値で代表させたり、底泥から溶出してきたものが漁場海水中に均一に混入して行くものと仮定しても大した誤りではなかろう。

Fig6－1～5に一斉観測各回の表層Total－N 各潮時平均濃度分布を示す。流量は少ないが浮泥や窒素含量の大きい六角川や塩田川などの河口沖海域とか、都市工場廃水が大量に流入する大牟田沖海域では、窒素濃度は明らかに特異な分布を示す。従ってこれらの海域は湾奥全域として取り扱う場合、厳密には除外すべきであろう。しかし、塩分分布に関する報文[2]において明らかにしたように、本海域は、筑後川の一次影響を強くうける河口近くの干潟部や、高塩分流入水の影響を強くうける南西部沿岸を別とすれば、一旦域外に出た低塩分水は上潮期に再び北上し、湾奥西部および北部に対しても東部とほぼ同様な影響を与える。従って湾奥域に存在するノリ漁場の水は、上述4特異海域を除けば大体一様なものと見なしえよう。

3－2．時間的変化

時間的変化は、場所的なそれのように数値が偏在するばかりでなく、収支の規模や更には機構そのものまでも変ってくるので、年間平均といった取り扱いに止めておくわけにはいかない。そこで前述の各項について、月変化ないしは季節変化を検討しよう。

筑後川流入窒素量の月変化は、Fig3のようである。概して高温期には多くて40 ton／dayにも及ぶが、洪水期にもこれと同程度までふえる。低温期には少なく、最低は2 ton／dayとなる。

Fig6に示す各回表層Total－N 値を面積加重平均して、湾奥域の平均Total－N 濃度を求める。また、これら各回と同時に行なった河川観測の河口原点におけるTotal－N濃度（但し、'65年11月6日は NO_2－Nしかないので、有明水試月例河川調査の'65年11月12～15日の値によった）の最高値をもって筑後川流入水の濃度とし、これに観測当日の瀬ノ下流量を乗じて、筑後川よりの流入総量とする。前述のようにその他の河川からも同量流入する。これらが湾奥全域に均一分布するとして、平均潮位時の容積 2.4×10^9 m^3で割ると、河川から流入したものが湾奥海水中に均一分布したときの濃度を得る。各回の両濃度とその比率は次のようである。

	'65年11月	'66年3月	7　月	9　月	'67年1月
表層濃度　μg－atm／L	16.6	32.1	20.8	8.1	6.3
河川流入分の濃度μg－atm／L	0.10	1.26	0.48	0.24	0.32
同　上　比　率　　%	0.6	3.9	2.3	3.0	5.1

低濃度のときは河川流入分の占める比率が高い。特に1月は最高で、5%を占める。3月は洪水時であったが、このときは流入分も多く、比率も高くなっている。

次に湾奥域の現存量に対して各項のもつ重みと、その季節変化を求めるために、先づ一斉観測各回の湾奥域の現存量を算出する。

中層以下の栄養塩は、三池・竹崎線上の測点につき、5、10、20m各層および底層について行なった。表層以深の値を平均して、前述の表層平均値に対するその比率 k を求める。一方、平均潮位時における湾奥域の平均水深は 5.8mであるが、水深2mまでを干潟部とし、2m以深は沖合部とする。沖合部の面積は湾奥全域の63%であるから、0～2m層を表層とすれば、全域の濃度は表層の濃度の

$$\frac{1\times1\times2+k\times0.63\times3.8}{1\times2+0.63\times3.8}$$

となる。かくして、前記表層濃度と湾奥域容積を用い、湾奥全域における各回の現存量を求めうる。

河川流入量は上に述べた。沖合流入量および沖合流出量は、§２－２に示した両期の平均濃度に出入水量を乗じて求められる。流出入量は、季節的には３、７月に多く、９、１月に少ない。

底泥および浮泥からの溶出量については、§２－３で述べた。底泥からの溶出の時間的変動は、ノリにとって極めて重要である。Fig.7に有明水試の1966年10月～'67年４月における筑後川河口干潟２測点、ＳＡ（Ｈ７）、Ｌ４（Ｈ９）の測定値にもとづき、同様の方法で算出した底泥溶出Total－Ｎ 濃度（干潟部の地域的、潮時的平均深度を２mとして、この海水中へ均一混合するものとした）および各観測日における干潟部の表層および底層のTotal－Ｎ 濃度のそれぞれの上下限と、底泥溶出分の海水濃度上下限に対する各比率の月変化を示す。底泥溶出分は、５～10月の高温期には海水中の20%以上を占め、特に６月と８月には海水中濃度の下限よりも高い。一方、11～３月の低温期には30%以下となり、特に11月と２～３月は10%程度にすぎない。

植物プランクトンについては、§２－５の月変化を見ると、７月が最高で 19.3 ton／day に達し、次いで11月16.2、12月 6.5 ton／dayとなる。７月および11～12月の両回が増殖期に当ると思われ、他の月はいづれも年平均以下で、特に４～５月は 0.2 ton／day 程度にすぎない。

ノリによる消費は、もちろん漁期中のみであるが、つみとり量からみて１月の盛期には4 ton／day に達するものと思われる。

以上述べた収支各項別各月の量と、湾奥全域現存量に対する比率をまとめると次のようになる。

湾奥域現存量 ton	'65年11月６日 396	'66年３月８日 806	７月５日 480	９月１日 216	'67年１月24日 185
収入 ton／day	226	429	347	222	161
（現存量に対する%）	(57)	(53)	(72)	(103)	(87)
内訳 ton／dayの					
河川流入	4(2)	48(11)	18(5)	9(4)	12(7)
沖合流入	179(79)	361(84)	235(68)	94(43)	116(72)
底泥および浮泥溶出	43(19)	20(5)	94(27)	119(53)	33(21)
支出	収入に同じ				
内訳 ton／dayの					
のり	1	1	0	0	4 (0.25)
植物プランクトン	16(5)	1	19(6)	1	2
沖合流出	174	523	207	126	78
その他	35	(－94？)	121	95	77

（'66年３月は、４～８日に計 1,760mmの豪雨があった時の観測によったものであるが、洪水その他の異異常状態に由来する数値の偏りと測定誤差が、他の回にくらべてより大きかったものと思われる。）

現存量は１月に最低となる。このときは底泥および浮泥からの溶出分の占める比率も少なく、一方、河川流入分の占める比率は大きい。すなわち、河口沖干潟のノリ漁場にあっては、河川流入分のもつ重みが最大の時期に当っている。しかも、ノリによる消費も最大で、河川流入分の１／３に達している。今、もし筑後川下流部でこの時期に流量を１／４カットすると、それによる流入分の減少はノリの消費量の約40%にあたることになる。従って、１～２月といったノリ盛漁期でしかも底からの補給の少ない時期においては、河川水流入の形で補給される窒素がノリ漁業において占める役割は、極めて大きいものがあるといえよう。

§4．まとめ

ノリ漁場における窒素の動態を、河川、漁場海水、底泥および湾奥域外を通じて出入の桟構の上にたって量的にとらえ、更にそれを場所的時間的に検討することにより、河川流入分がノリに占める役割を評価した。その結果、1～2月にはノリの消費は最大であるのに、底泥からの再溶出が少なく、河川水として補給されるものが極めて重要であることがわかった。

参考文献

1）奥田泰造　1953－'57：内湾底土中の可溶性栄養塩について．東北水研報、2－9

2）筑後川調査報告．1968：水産庁

同　中間報告．　1966：水産庁

同　一斉観測報告書．1966－'68：水産庁

3）河辺克己　1968：有明海ノリ漁場に於ける栄養塩．水産土木、4(2)、7－12

Fig. 1 Northern part of Ariake Sea and inflowing rivers to it.

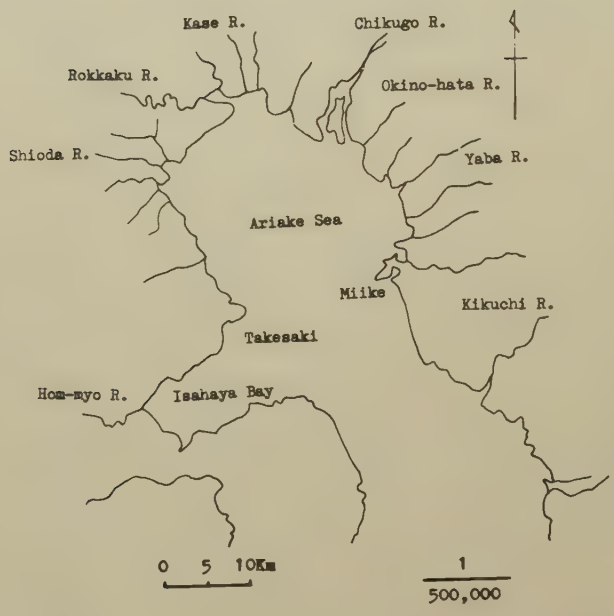


Fig. 2 Schematic chart showing incomings and outgoings of nitrogen as an nutrient salt in an aquicultural ground of laver.

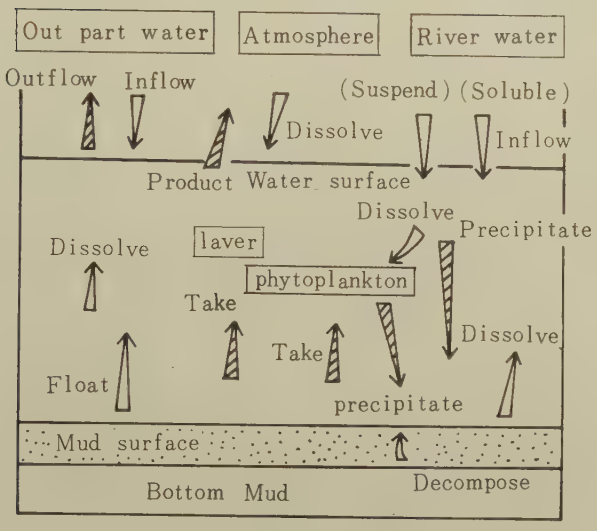


Fig. 3 Seasonal variations of total inorganic nitrogen in water of the Chikugo River, and its flux.

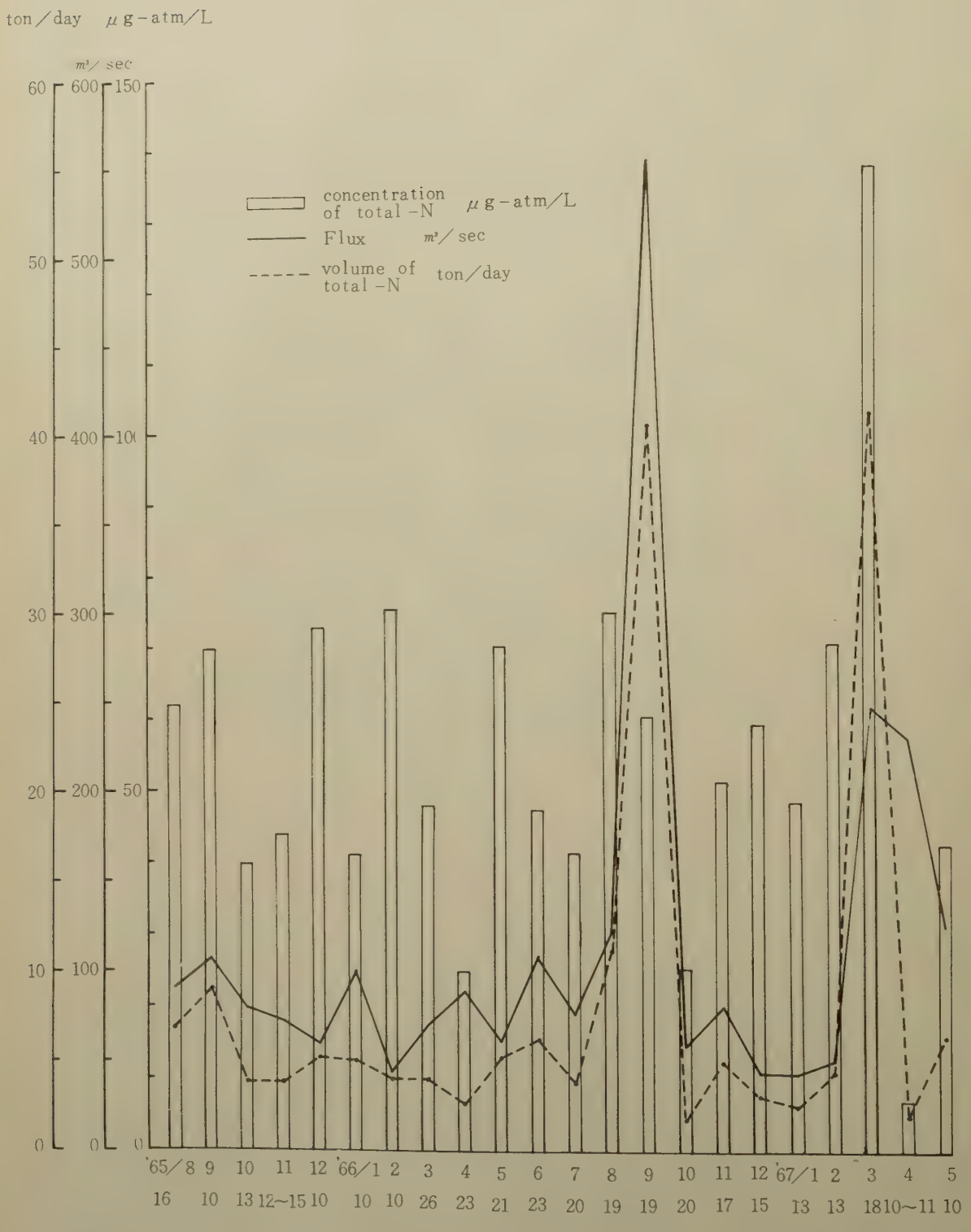


Fig. 4 Distributions of all nitrogen concentration in the bottom mud and the percentage of dissolved nitrogen by shaking.

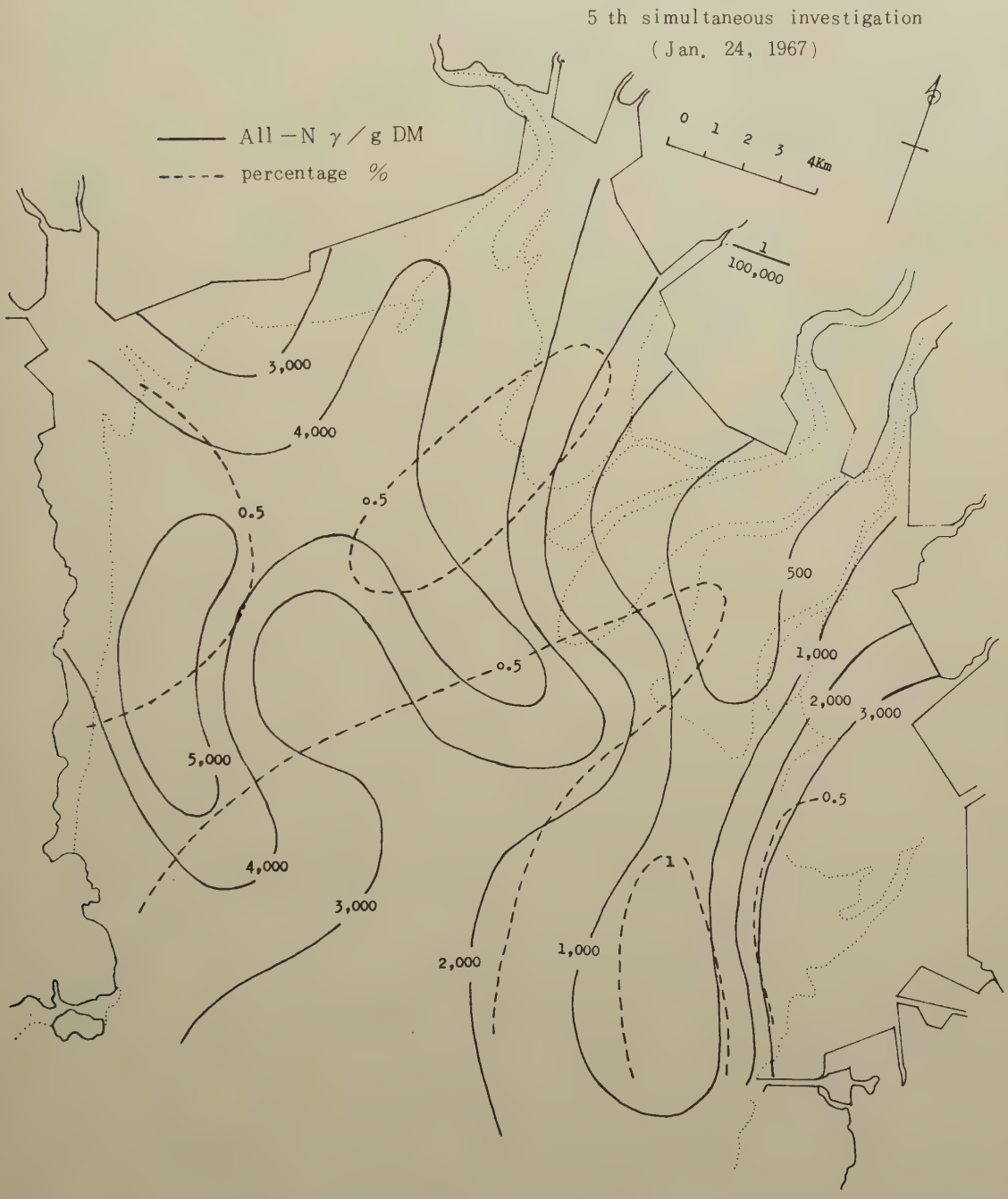


Fig. 5 Distribution of suspension concentration in surface and bottom waters.

5 th simultaneous investigation. (Jan. 24, 1967)

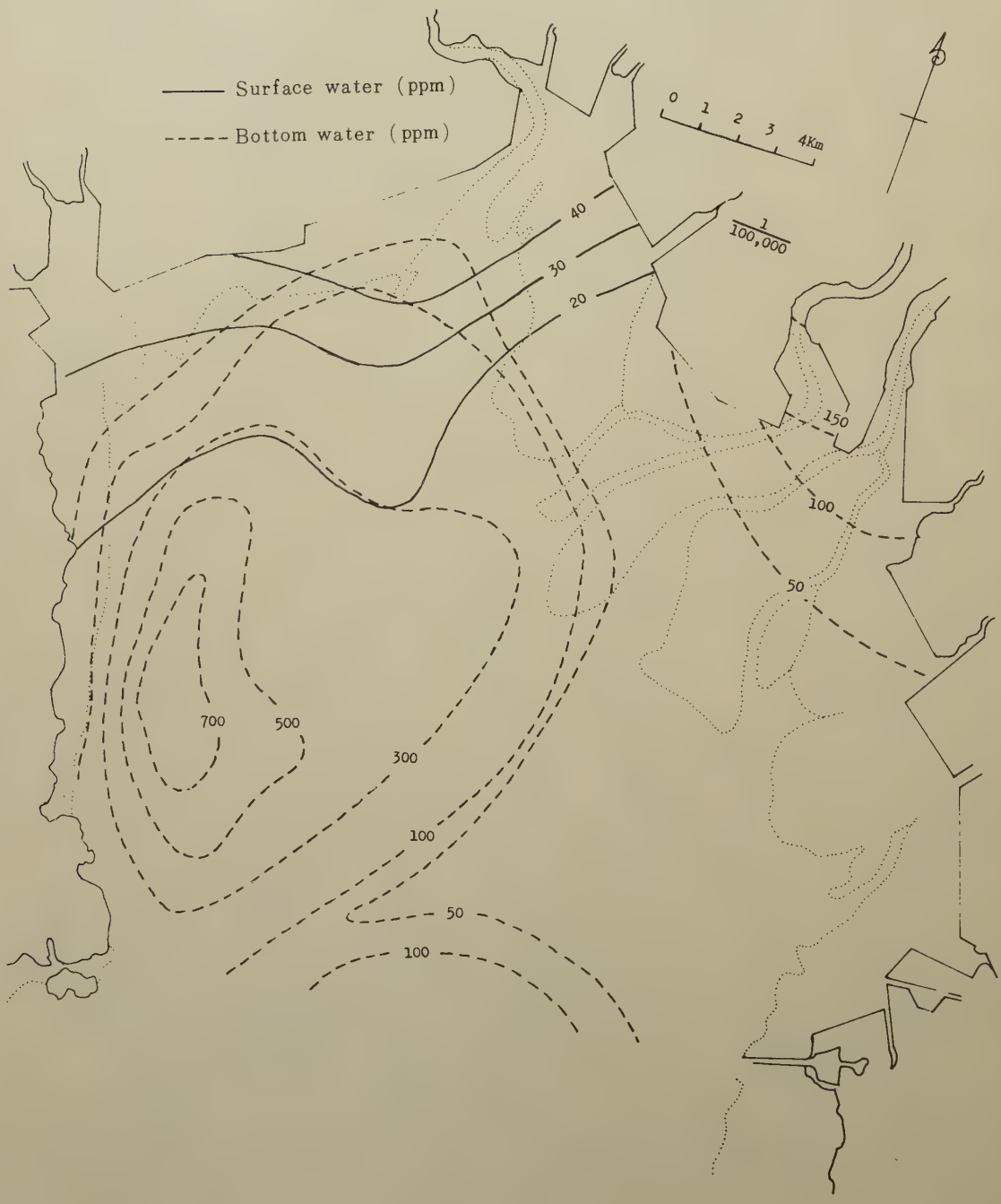


Fig. 6 — 1 Distribution of total inorganic nitrogen concentration in surface water. an average of each tidal phase 1st simultaneous investigation (Nov. 6, 1965)

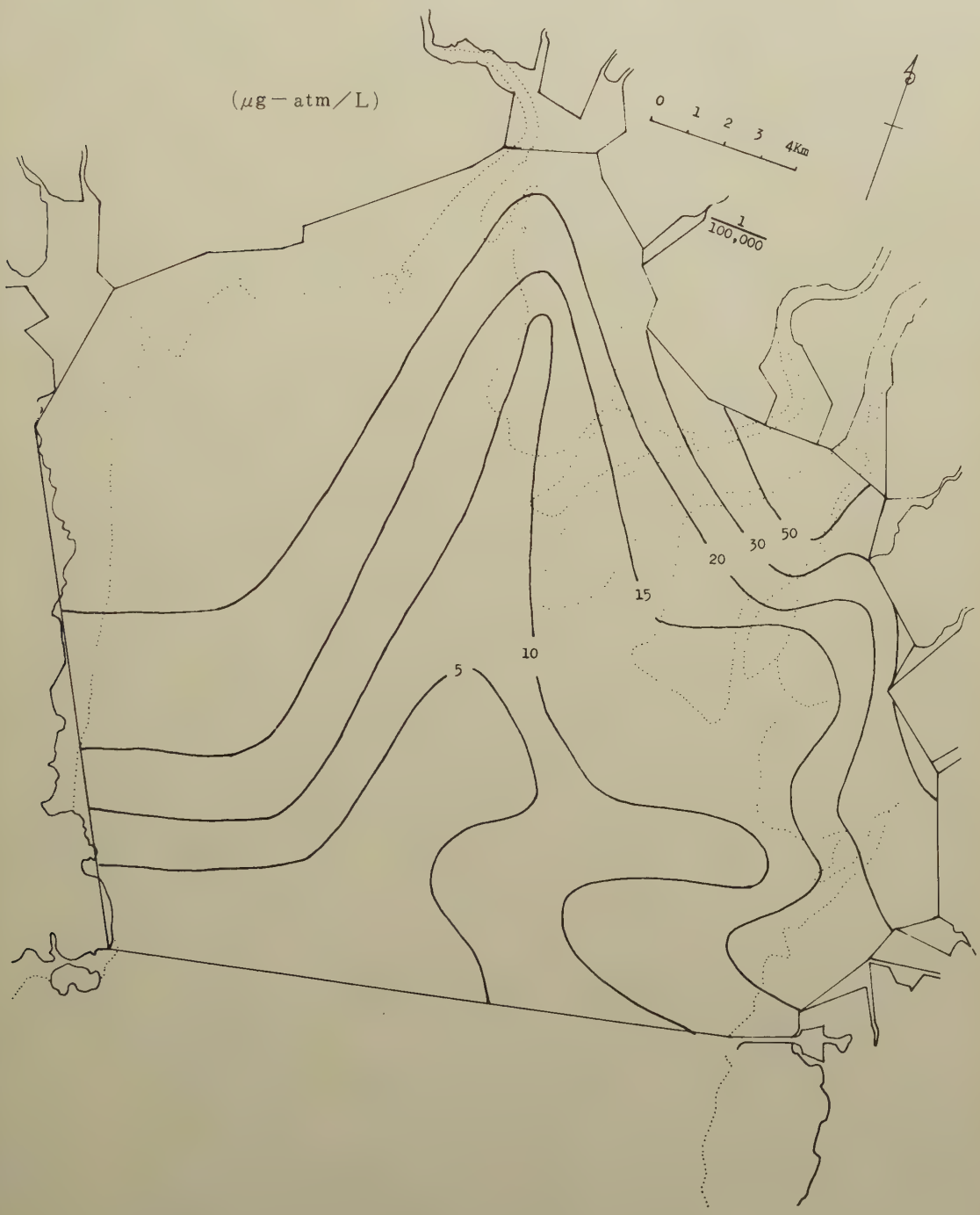


Fig. 6 – 2 2 nd simultaneous investigation (Mar. 8, 1966)

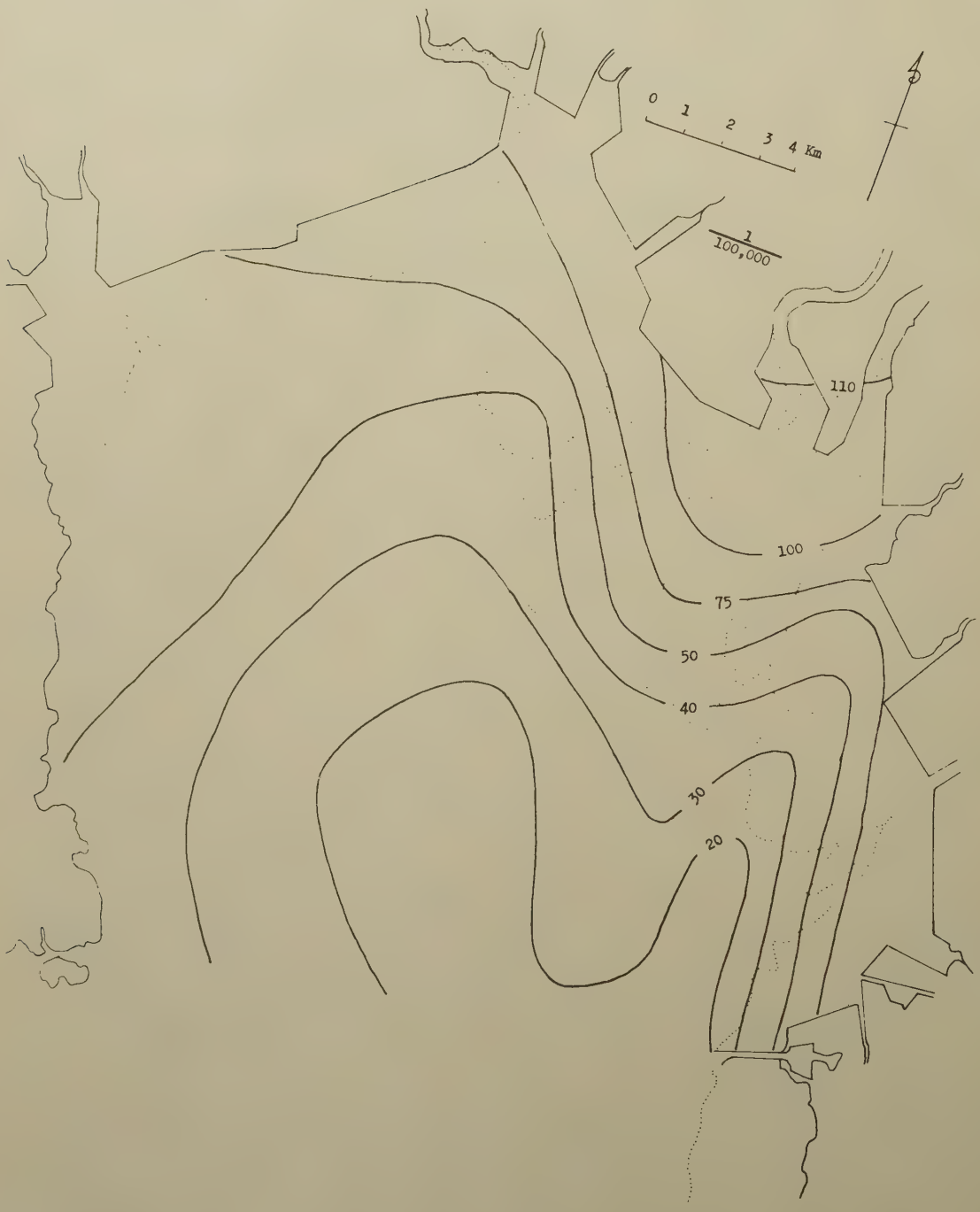


Fig. 6 - 3 3 rd simultaneous investigation (July. 5, 1966)

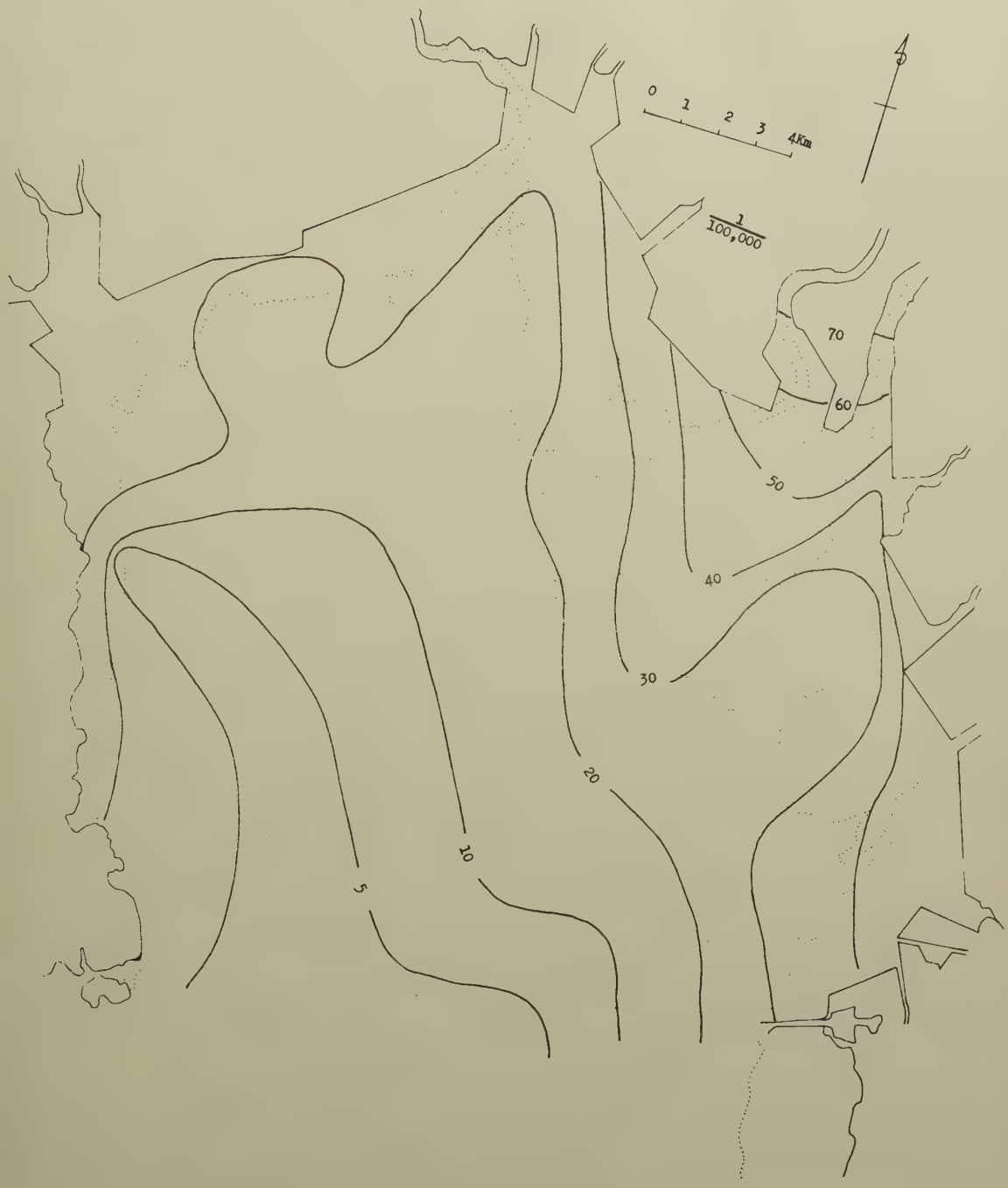


Fig. 6－4　　4 th simultaneous investigation (Sept. 1, 1966)

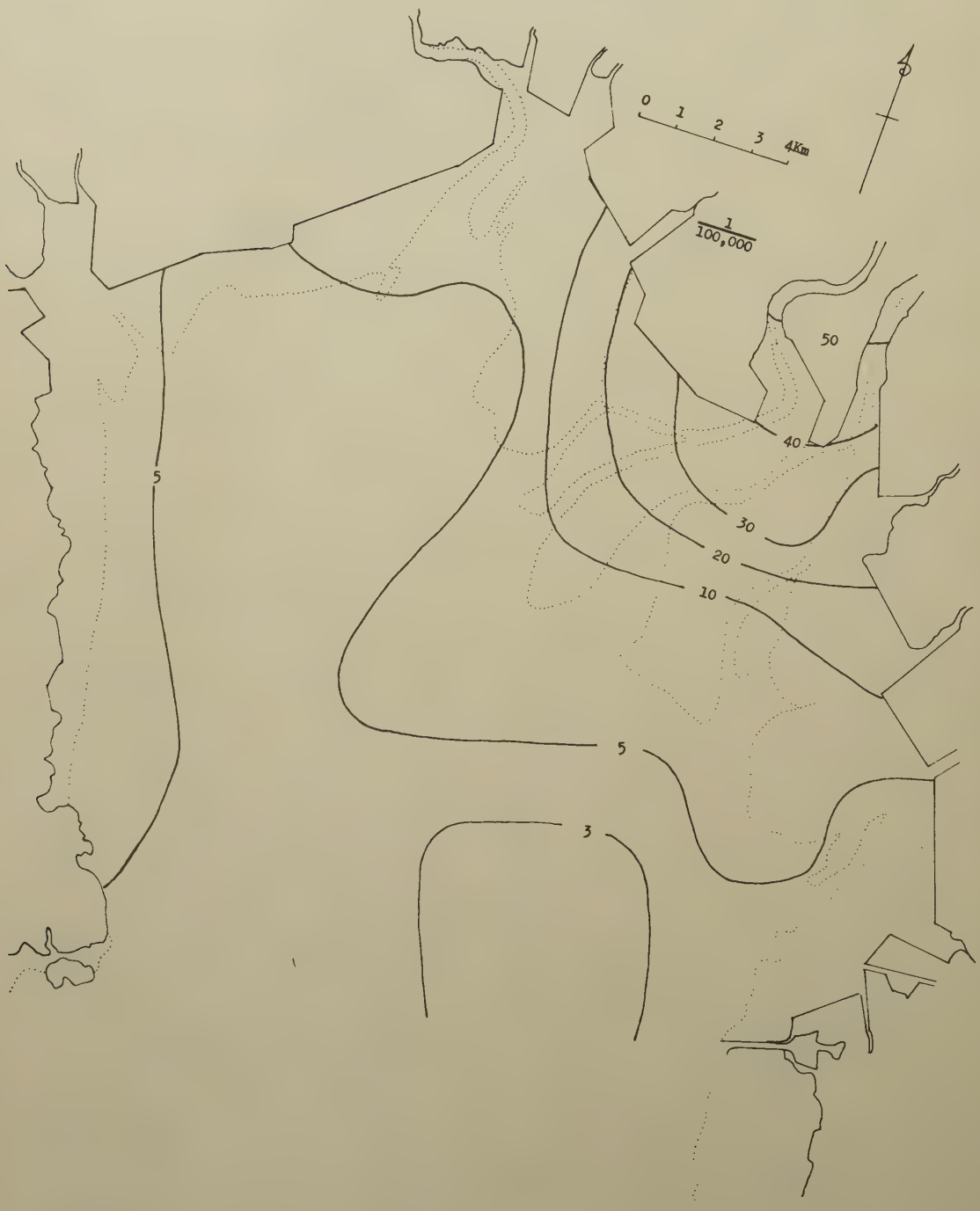


Fig. 6 - 5　　5 th simultaneous investigation　(Jan. 24, 1967)

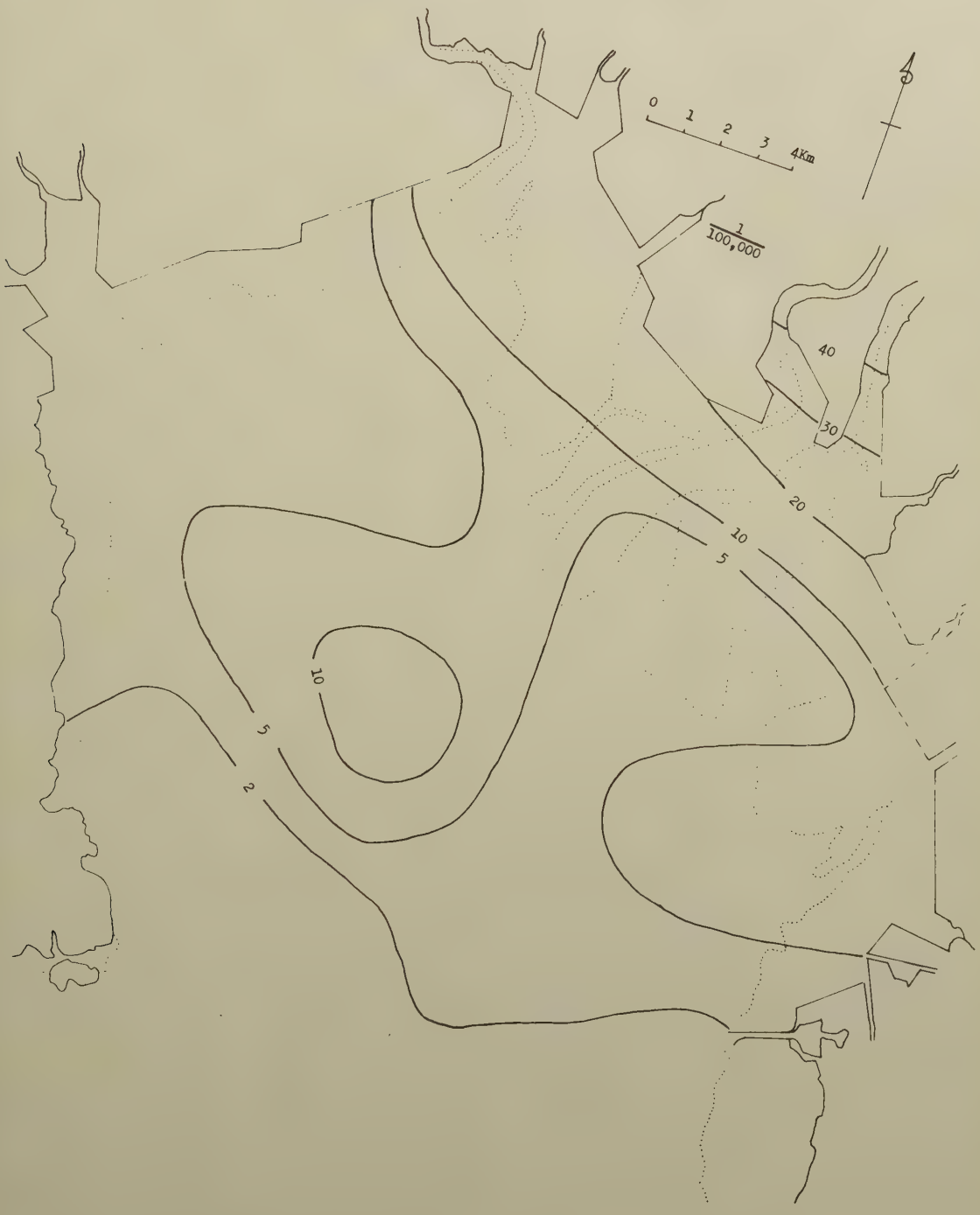
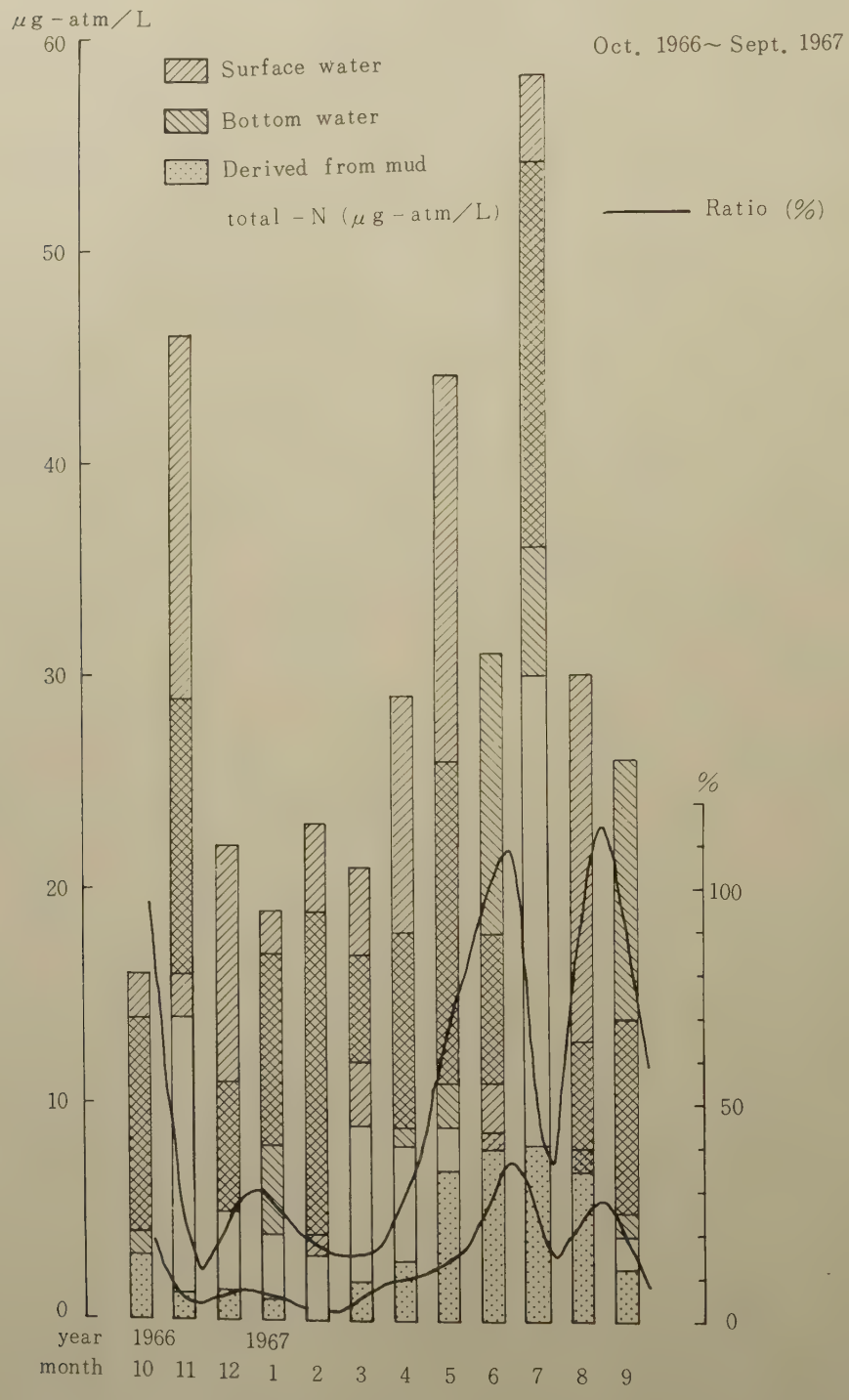


Fig. 7 Seasonal variations of upper and lower limits of two types of total inorganic nitrogen concentration, dissolved in sea water and derived from bottom mud, and the ratio of them at H7 and H9.



黒潮表層水の収束発散に関する研究－II*

―― 表層混合層の上部と下部における収束発散の実測 ――

川合　英夫**・坂本　久雄

A STUDY ON CONVERGENCE AND DIVERGENCE IN SURFACE LAYER OF THE KUROSHIO－II

DIRECT MEASUREMENT OF CONVERGENCE AND DIVERGENCE AT THE TOP AND BOTTOM OF SURFACE MIXED LAYER

Hideo KAWAI ** and Hisao SAKAMOTO

In a previous paper (KAWAI *et al.*, 1969), an interpretation that horizontal convergence or divergence at the top of surface mixed layer be mostly compensated by horizontal convergence or divergence at the bottom of the layer and that there be two systems of helical motion facing each other, forming a convergence zone centered at a distance of a few nautical miles inshore of the current maximum was given upon results of direct measurement of the convergence or divergence at the surface with four current drogues. On use of three kinds of current drogues, direct measurements of horizontal convergence and divergence at the top and bottom of surface mixed layer were made aboard two research vessels, the *Soyo Maru* and the *Shyn'yo Maru*, and an airplane in the seas off the Nichinan Coast, Kyushu and off Shikoku in August, 1968.

In Fig. 1 described are the three kinds of current drogue systems: the surface drogue system with a radar target at the top of an iron pipe and a big corner drogue, working also as a ballast, at the bottom at depths between two and three m, the subsurface drogue system only different from the former in suspending the same corner drogue from the bottom of the pipe by a rope at a depth of 30 m, near to the depth of the bottom of surface mixed layer and the colored air-photo rafts with a wooden cross beneath the sea surface. At the beginning of the measurement, the four surface drogues were launched at four apexes of a square with sides 1/4 or 1/8 nautical miles long. Successively, the four subsurface drogues were launched in the vicinity of each of the surface drogues. Before the arrival of the airplane on the survey spot, the four air-photo rafts were launched in the vicinity of each of the surface or subsurface drogues. The surface and subsurface drogues were recovered except for cases of dropping, but all of the air-photo rafts were expended.

Analyzing photographs of blips of the surface and subsurface drogues on the radar scope and

＊昭和44年８月31日　受理　南西海区水産研究所業績　第11号。本研究の一部は日本海洋学会春季大会（1969年４月）で発表された。

＊＊日本海区水産研究所　Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Niigata-shi

color photographs of the air-photo rafts taken aboard the airplane at a height of 4500 feet, the area S of quadrilateral made by each kind of drogues was calculated on the basis of eq. (2) in the previous paper. The horizontal divergence Q was calculated from time change in S on the basis of eq. (1) on page 24.

Before, during and after the drogue measurement, BT lowering and GEK fix were made at the locations shown in Fig. 2 to obtain current and temperature fields forming the background to the convergence and divergence. Hydrographic conditions off the Nichinan Coast, Kyushu during August 19—20, 1968 and off Shikoku during August 23—24 are shown in Figs. 3 and 4. According to Table 1 showing location and velocity at the axis of the Kuroshio main and branch streams, the position of the axis of the branch stream off the Nichinan Coast fluctuated very much, but that of the main stream off Shikoku did not. Figs. 5 and 6 show temperature profiles and GEK currents off the Nichinan Coast and off Shikoku and the location of current drogues at about the time of launch and recovery.

The drogue measurements were made four times; measurements I and II off the Nichinan Coast and measurements III and IV off Shikoku. Results of analysis of these measurements are shown in Figs. 7—10. In measurement III in the vicinity of the axis of the Kuroshio main stream well-defined and stable, the air-photo rafts showed a marked convergence, the surface drogues a convergence weaker than the former, and the subsurface drogues a divergence or a faint convergence. Measurement IV showed a tendency similar to measurement III, but did not exhibit such a pronounced contrast in convergence and divergence between different kinds of drogues as observed in measurement III. This may be attributed to the difference in the launch position between measurements III and IV. The launch position in measurement III corresponded to the zone of strong convergence, observed in 1967, at the surface at a distance of a few nautical miles inshore of the current maximum, while the launch position in measurement IV was located in the vicinity of the current maximum. Trajectories of drogues in measurements III and IV (Y and Z in Fig. 2, *Lower*) showed a confluence in the same manner as observed in the measurements in 1967. The confluence is, however, not necessarily accompanied by the horizontal convergence. In measurements I and II, it was difficult to determine what kind of characteristic band the trajectories of drogues corresponded to because of indefiniteness and fluctuation of the axis of the Kuroshio branch stream.

Correlations between distributions of surface phytoplankton (Figs. 11 and 12) and horizontal convergence and divergence are indefinite in general, but distribution of *Cyanophyceae* off Shikoku (Fig. 12) may be explained as follows. The habitat optimum for *Cyanophyceae* may be surface water of the warm core in the Kuroshio. The surface water has a weak component of velocity toward the convergence zone centered at a few nautical miles inshore of the current maximum, and it sinks in the vicinity of the zone. *Cyanophyceae* does not sink and drifts downstream with the maximum concentration on the side of warm water of the zone.

The results of the drogue measurement in 1968 does not contradict with the interpretations given upon the measurement in 1967, but some indefiniteness remained here needs further careful measurements on the basis of a more elaborated plan.

With the difference in convergence and divergence between depths of surface mixed layer, the fact that fish larvae, hatched out from eggs floating at the surface, sink into a subsurface depth seems to result in an effective fertilization in the convergence zone at the sea surface and an avoidance of starvation by keeping its density of population sparse at a subsurface depth.

1．はじめに

第Ⅰ報においては、1967年における海面水の収束発散の実測結果に基づいて、黒潮主流を斜めに横切る2個のらせん状海水運動系の存在を推定したが、1968年には、その推定を実証するために、海面直下、海面下2～3m、海面下30mの各深度に、それぞれ抵抗板をもつ3種類の海流板おのおの4個を一斉に放流し、各種類の海流板群が形作る四辺形の面積の時間的変化より、表層混合層の上部と下部における収束発散の相異を実測した。本報においては、その実測方法を紹介するとともに、第Ⅰ報で得た実測結果とも併せて、黒潮付近の表層混合層内の海水循環に関する考察結果について報告する。

本調査に当たっては、下記のように東海区および西海区水産研究所の海洋部の方々から絶大な御援助を受けた。調査船蒼鷹丸と俊鷹丸の船長はじめ乗組員および水産航空株式会社所属スカイレイン型セスナ機の乗組員の方々の御労苦と併せて、調査に関係された各位のお力添えに対して、ここに厚くお礼申上げる。なお、採集したプランクトン量の計測には、南西海区水産研究所海洋部杉本仁弥部長および永田樹二室長の御指導の下に、高知大学農学部栽培漁業学科学生土津井憲彰君が当たった。また製図には川島宣子嬢が当たった。　ここに記してお礼を申しげる。

蒼鷹丸（260トン）	船長	黒肱善雄	
	調査員	川合英夫	南西海区水研海洋部
		藤本　実	東海区水研海洋部
		百田方子	南西海区水研海洋部
俊鷹丸（184トン）	船長	角田精一	
	調査員	杉浦健三	東海区水研海洋部
		見元孝一	西海区水研海洋部
		岩佐秀一	東　海　大　学　学生
セスナ機	機長	小川義司	水産航空株式会社
		日野澄太	〃

2．用いた器材

A．海面用海流板（Fig. 1 の上左）

長さ約6mの鉄パイプの上端にコーナー型レーダーターゲット（対角線長90cmで構造は第Ⅰ報で説明したものと全く同型）を、下端近くに新たに考案したコーナー型抵抗板（Fig. 1 の左下に示されているように対角線長 126cmの正八面体の中心と各頂点を結んで出来る斜辺長90cmの12個の直角二等辺三角形を、すべてブリキ板で張ったもの）を、中央部よりやや上方に浮きとしてビン玉3個を、それぞれ付し、レーダーターゲットが海面上約3mの高さに、抵抗板が海面下2～3mの深さに位置するように設計した。抵抗板にはまた錘りの役を兼ねさせた。

B．次層用海流板（Fig. 1 の上右）

海面用の抵抗板を、鉄パイプの下端より、長さ30mのロープで海中に吊り下げた点が異なる他は、海面用海流板と全く同型である。ロープや抵抗板の軸の方向が何れに傾いても、海水抵抗を充分に受けるように工夫されてあり、言わば全方向抵抗板と呼ばれるべきものである。なお、海面用および次層用海流板の空中露出部分は全く同型であり、同時に放流された8個の海流板を識別するために、長短2種類の大きさの標識旗を付した。夜間にまで測定や回収探索が続いた場合の用意として、レーダーターゲットの最上端に、色別の電球を付したが、実際には用いなかった。また航空機よりの発見を容易にするために、シーマーカーを付した。

C．対空用海流板（Fig. 1 の右下）

辺長180cmの正方形の頑丈な木枠にブリキ板を張り、4種類（赤、白、黄、白赤白の縞）にペンキ着色して航空機上より識別できるようにした。更に発見を容易にするために、ウラニン（草色）とローダミン（紅

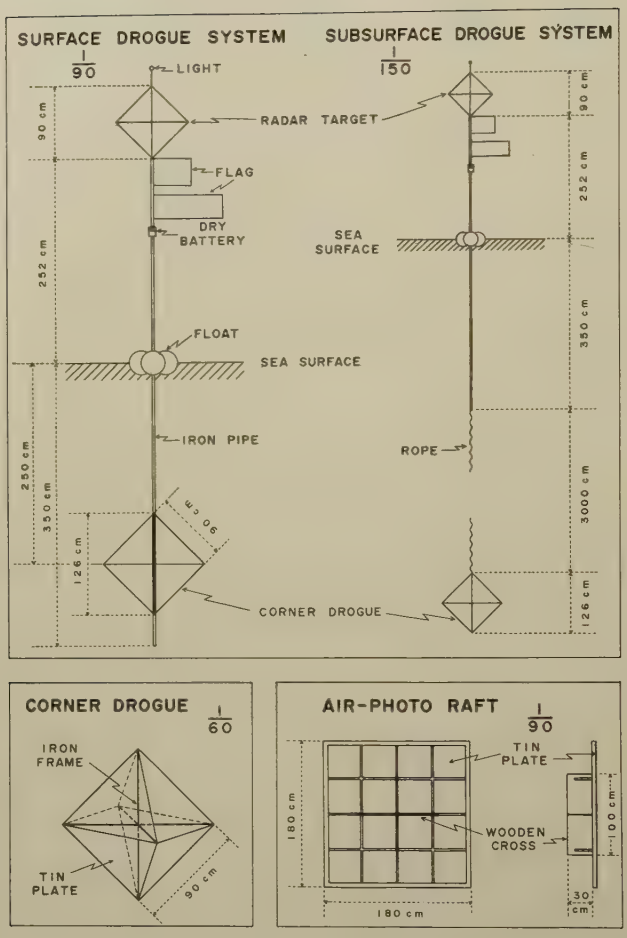


Fig. 1. Description of three kinds of current drogue systems.

色）の２種類のシーマーカーを付したが、ローダミンのマーカーでは色が映えなく効果的でなかった。100 cm×30cmの２枚の板を十字型に組み合わせ、抵抗板として下面に付した。

D. レーダー

元神戸工業株式会社制作ＭＤ－822 型（蒼鷹丸）およびＭＤ－811 型（俊鷹丸）のレーダーを用いた。レーダースコープの直径は、それぞれ12インチ（約30cm）および10インチ（約25cm）である。スキャナーの海面上の高さは、それぞれ9.5 mおよび９mである。調整方法は第Ｉ報の場合と同様であった。

E. レーダー接写装置

俊鷹丸では、第Ｉ報の場合と同様に、富士通株式会社の御好意により、元神戸工業株式会社制作のものを使用した。蒼鷹丸ではレーダーフードを改造したものを使用して、撮影時刻はアサヒペンタックス　データーカメラにより記録した。

3．収束発散量の測定算出方法

A．バックグラウンドの調査方法

海流板を放流する前に、海水の収束発散を起こしているバックグラウンドである、一般流速場と水温場の調査を行なった。2隻の調査船により短時間内に細部構造を把握するために、BT--ロラーン－GEK方式を採用し、ナンセン型海洋観測は全く実施しなかった。測点間隔は、Fig. 2 のC，D線以外ではすべて約5海里としたが、放流点を決めるに当たっては、更に細かい間隔で調査した場合もあった。海流板回収後では、一隻は回収点を含む断面観測を、別の一隻は次回の放流点断面または周囲の概況の観測を行なった。また、植物プランクトン量および塩分の測定用として、海面下1～2m深の海水を、それぞれ1ℓおよび、100cc採取した。

B．海流板の放流と回収方法

海面用・次層用・対空用の3種類の海流板は、第2節で説明したように、抵抗板の深さがそれぞれ異なっている。これは深さによる収束発散の差異を実測することを目的としたためであるが、3種類の海流板の放流場所が異なると、深さによるばかりでなく、場所による収束発散の差異が加わってくる。それを避けようとして、3種類の海流板をなるべく接近させて放流した。すなわち放流点の周辺の水温海流構造の観測によって放流点が決まると、日出後先ず俊鷹丸が4個の海面用海流板を $1/4$ または $1/8$ 海里を辺長とする正方形の各頂点に配置するように放流し、次いで蒼鷹丸が4個の次層用海流板を、海面用海流板の近傍2～3m以内に放流した。また航空機の現場到着前に、4個の対空用海流板を海面用または次層用海流板の近傍に放流した。しかし予期したように、3種類の海流板は時間が経過すると、流速が深さによって異なるためにそれぞれ4個づつグループをなして分離してしまった。

海面用および次層用海流板は、日没前に回収できるように、夕刻の適時に追跡を打切った。対空用海流板については、容易に発見できる場合にのみ回収するように当初計画を立てたが、回収皆無の結果となった。

C．海流板相対位置の測定方法

(1) 海面用および次層用海流板

測定時の間隔は、第Ⅰ～Ⅲ次までは2時間、第Ⅳ次では1時間であった。測定継続時間は約10時間であった。

(i) レーダースコープ映像写真による方法

風力3以下で風浪による海面反射が小の場合は、レーダー映像写真により、各海流板の相対位置を第1報の場合と同様に測定した。2種類の標識旗の組み合わせおよび前回の配置状態より、合計8個の各海流板の目視スケッチを撮影時毎に画き、それを参考にして映像写真上の各海流板の同定を行なった。

(ii) レーダースコープ映像目視による方法

風力3ぐらいでも風浪による海面反射が大である場合には、写真撮影ではなくて、レーダー映像を直接に肉眼で見て、調査船よりの方位と距離を記録する方法を採った。

(iii) 測距儀による方法

海面反射が大で、レーダー映像による(i)または(ii)の方法が適用できない場合には、止むを得ずこの方法を採用した(8月24日の場合)。蒼鷹丸に備え付けの大型測距儀を用いて、熟練者である中山誠次甲板長が距離測定に当たり、他の一名が方位測定に当たった。前述したように海面用および次層用海流板は、時間が経過すると2つのグループに分離するが、調査船に遠い方のグループの海流板のレーダー映像が、海面反射域の外にあって、鮮明である場合には、近い方のグループの海流板の位置のみを測距儀により測定した。

(iv) 2隻の船を結ぶ線を基線とする三角測量

各海流板の相対位置のみを問題とするのであるから、この方法が適用できる訳である。基線の方位と距離は、相手の船のレーダー映像により定めた。本年の調査では、8月23日夕刻に1回のみ、この方法で測定したが、次層用海流板の内の1個が基線の延長線に近い位置を占めたために、誤差が大となり失敗した。しか

しそれ以外の海流板の位置については、それまでの海流板の配置状態と比べて、妥当な測定結果が得られたものと考えられる。

（2） 対空用海流板

測定時の間隔は20～30分、測定継続時間は1飛行について2～3時間であった。ただし8月20日の第Ⅰ次追跡では、午前と午後に同一の海流板群の測定を行ない、この場合には燃料補給のための中断時間も入れると、測定継続時間は2飛行で7時間となった。更に翌21日正午にも、この海流板群が発見され、測定開始より終了までの時間は約27時間となった。

海流板の相対位置は、4個の海流板の中心付近の真上 4500 feet（1371.55 m）の高度より、焦点距離150mmのカメラを鉛直下方に向けて撮影した12.0cm×9.5cmの大きさのカラー写真により定めた。海面上の実際の距離は、縮率

$$\frac{15}{137140} = \frac{1}{9143}$$

でフィルム画面上に記録されることになる。したがって辺長180 cmの対空用海流板は、辺長約0.2mmの正方形として銘画され、ヘンキ着色による各海流板の識別も完全に可能であった。しかし4個の海流板が分散して、海面上で0.4 海里四方の範囲にまで拡がると、1枚のフィルム画面内には納まらなくなる。このように、画面外にはみ出した海流板の相対位置は、2枚の海流板を結ぶ線上を、一定速度で直線飛行して、飛行速度と飛行時間の積より距離を、飛行方向より方位を算出することにより、決定された。しかし誤差がかなり大と推定されるため、Fig. 7 では、この方法によって定められた対空用海流板を示す符号、A，B，C，Dを丸括弧で括った。

D. 収束発散量の算出方法

同一種類の海流板4個が形作る四辺形の面積Sの単位面積当たり、単位時間当たりの拡大（縮小）率が水平発散（収束）量となるが、これは面積Sの自然対数の変化量と等しくなる。これを式で表わせば

$$Q = \frac{1}{S}\frac{Ds}{Dt} = \frac{D}{Dt}(\log_e S) \quad \cdots\cdots (1)$$

となる。ここにD/Dtは時間に対する実質的微分を示す。また$\log e$は自然対数を示す。実際の計算は式(1)の最右辺の表現によった。この場合の面積Sは、第Ⅰ報でも述べたように、各海流板に付した符号A，B，C，Dまたはa，b，c，dの順に線で結んで行くと、放流時と同じく、内側の面積を右手に見て、つまり時計廻りに囲めばプラスであるが、海流板の配置状態が入れ代って、差引きとしてマイナスの面積になる場合もあった。面積Sの符号が変る中間では、面積Sが零になるため、Qは算出できない訳である。

4．調査の実施経過

1968年8月19日より調査を開始した。調査経過は別表に、またその観測点配置はFig. 2に示してある。8月20日に第Ⅰ次の海流板による収束発散の測定（以後簡約のため第何次追跡と呼ぶ。）を行なったが、次層用海流板の抵抗板を吊り下げるロープと抵抗板との連結状態が不良のために、再三にわたり抵抗板が海中に沈没した。抵抗板付け変えや連結部の補強の最中には、海流板が舷側に引き寄せられ、調査船と共に漂流するために、海流板の相対位置は、収束発散による自然のままの漂流結果を表わしていない。

8月21日には、先ず俊鷹丸の乗組員に病人が出て、同船は早朝に現場を離れ油津港に向かったために、蒼鷹丸が単独で海面用および次層用海流板を放流して、第1回の測定を行なったが、同船にも病人が出たために、対空用海流板を放流し、海面用および次層用海流板を回収して、油津港に向かった。したがって同日のその後の測定には、航空機のみが当たった。

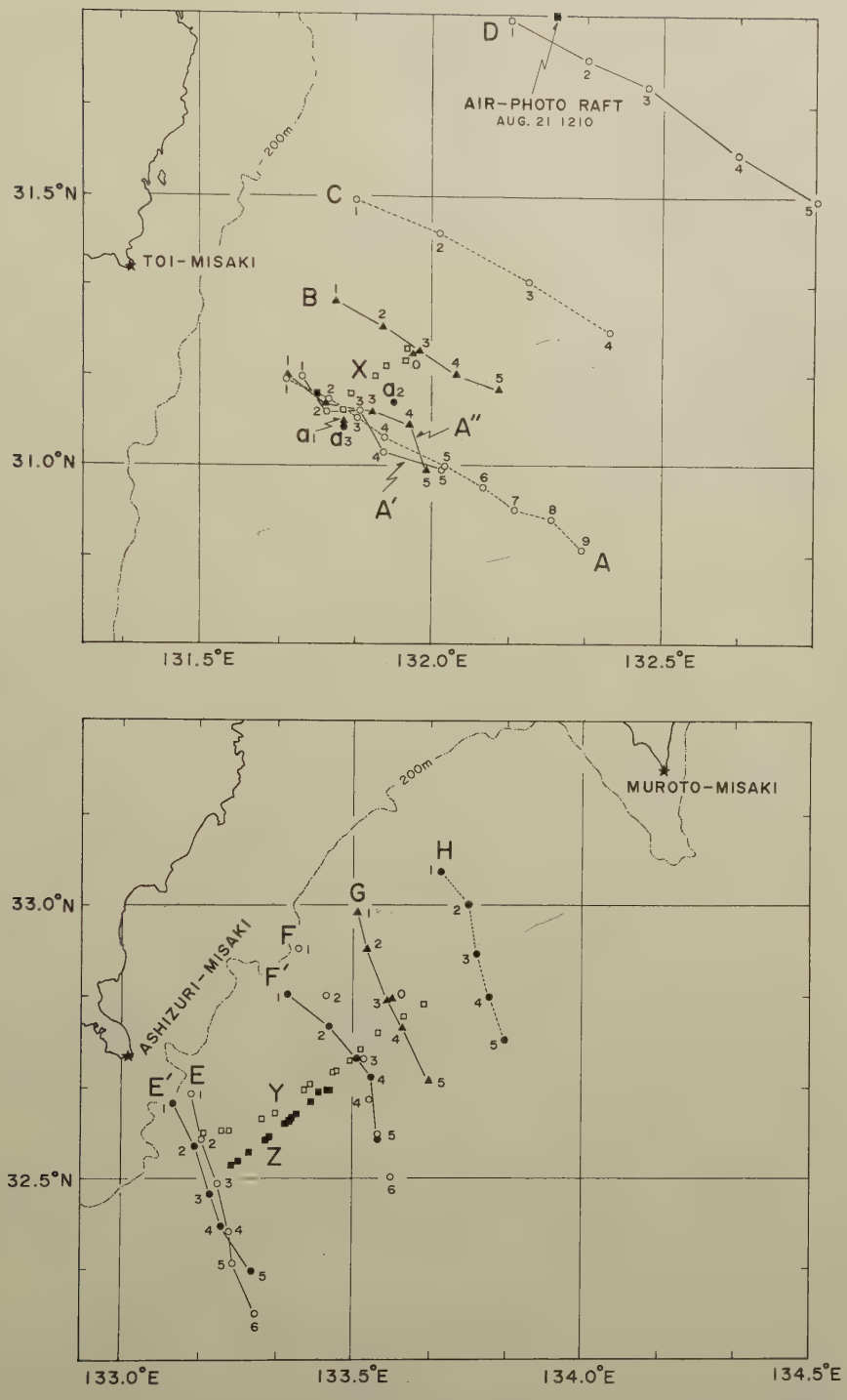


Fig. 2. Locations of BT lowering and GEK fix. *Solid lines* indicate locations of temperature profiles shown in Figs. 5 and 6.
Upper : Off the Nichinan Coast, Kyushu.
Lower : Off Shikoku.

海域	月　日	蒼　鷹　丸	（観測点）	俊　鷹　丸	（観測点）	航　空　機
日南海岸沖	8－19	0600　油津出港 事前概況 第Ⅰ次放流断面	 （A_1－A_9） （A'_5－A'_1）	0600　油津出港 事前概況 〃	 （D_1　D_5） （C_4－C_1）	
	8－20	第Ⅰ次放流点選定 第Ⅰ次　スケッチ 第Ⅱ次放流断面	（a_1） （A''_5－A''_1）	 第Ⅰ次追跡 第Ⅰ次回収断面	 （X_1－X_6） （B_0, B_5－B_1）	0745　宮崎離陸 第Ⅰ次前半追跡 1208　宮崎着陸 1249　宮崎離陸 第Ⅰ次後半追跡 1720　宮崎着陸
	8 -21	第Ⅱ次放流点選定 第Ⅱ次追跡 発病者のため測定1回で中止 油津入港	（a_2 － a_4）	発病者のため油津入港		0750　宮崎離陸 第Ⅱ次追跡 1251　宮崎着陸
四国沖	8－22	0600　油津出港 事前概況 第Ⅲ次放流断面	（E_6－E_1）	0600　油津出港 事前概況	（F_6－F_1）	
	8－23	第Ⅲ次追跡	（Y_1－Y_{14}）	第Ⅲ次スケッチ 第Ⅲ次回収断面	（Y_2－Y_{13}） （G_0－G_5）	0810　高知離陸 第Ⅲ次追跡 1304　高知着陸
	8－24	第Ⅳ次放流断面 第Ⅳ次追跡 第Ⅳ次回収断面	（E'_5－E'_1） （Z_1－Z_{13}） （F'_5－F'_1）	 第Ⅳ次スケッチ 事後概況	 （H_5－H_1）	
	8－25	高知入港		高知入港		

8月22日以降では、調査海域を1967年と同様に四国沖に移したが、天気にも恵まれ、海面用および次層用海流板による第Ⅲ次および第Ⅳ次追跡と、第Ⅲ次対空用海流板追跡を、概ね滞りなく実施できた。

5．黒潮の状態と放流・回収点の関係位置

A．調査実施前の黒潮の状態

海上保安庁水路部の明洋および神戸海洋気象台の春風丸の観測結果によれば、1968年7月の黒潮主流軸は都井岬南東方および足摺岬南方では距岸20海里付近にあって接岸、室戸岬および潮岬南方では距岸30海里付近にあってやや離岸の状態にあった。

B．調査期間中の黒潮の状態

Fig. 3 と Fig. 4 は8月19～20日における日南海岸沖および8月23～24日における四国沖の表面水温と塩分（a）、0～200m層の鉛直平均水温（b）、100m層水温（c）および200m層水温（d）の等温線または等塩分線を示す。GEKによる海面海流測定結果は、4階級別の矢印で何れの分布図にも記入してある。Fig. 3　では8月19～20日の観測値の内、A，A'，B（B_0を除く。），C，Dの値を、また、Fig. 4　では8月23～24日の観測値の内、E'，F'，G（G_0を除く。），　H，Y，Zの値を主体にして

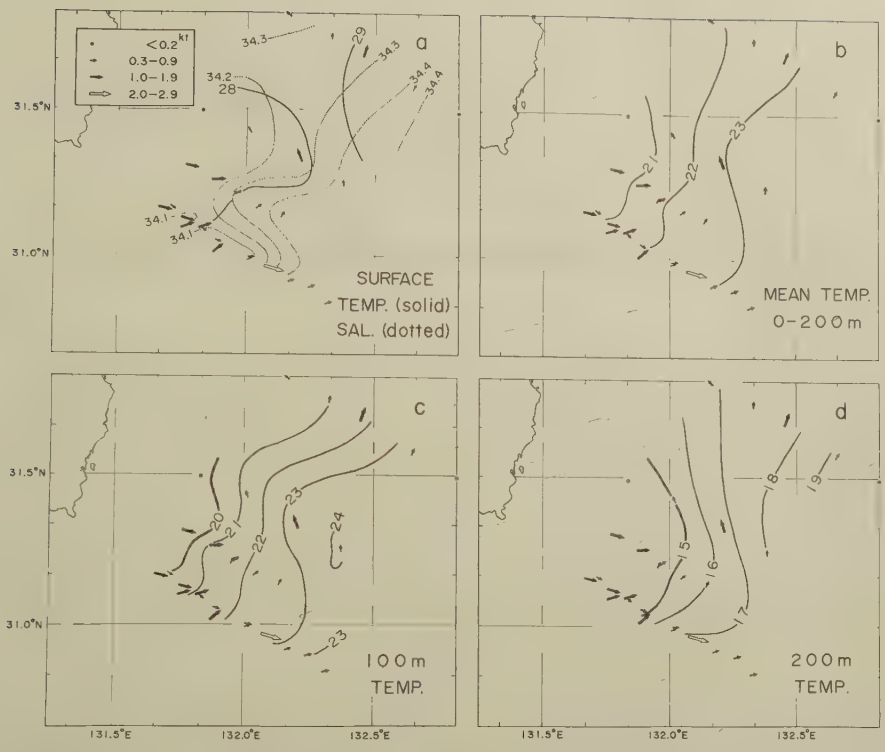


Fig. 3. Hydrographic conditions off the Nichinan Coast, Kyushu during August 19–20, 1968.

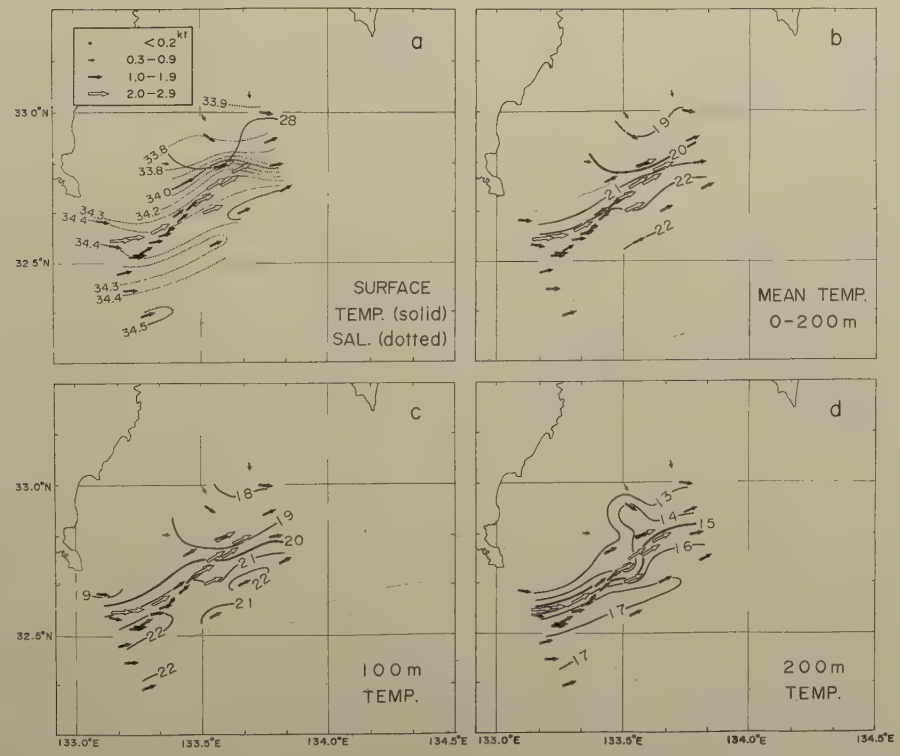


Fig. 4. Hydrographic conditions off Shikoku during August 23–24, 1968.

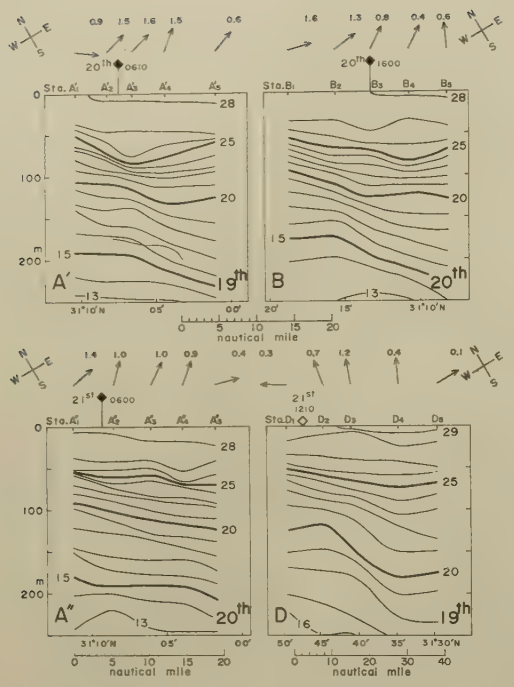


Fig. 5 Temperature profiles with vertical exaggerations of 206 to 1 in sections *A*, *B* and *A"* and of 412 to 1 in section *D* and GEK currents Off the Nichinan Coast, Kyushu. Locations of the sections are show in Fig. 2. A *solid square with a leg* indicates the intersection of trajectory of surface and subsurface drogues; with the section a *solid square without the leg* that of air-photo rafts.

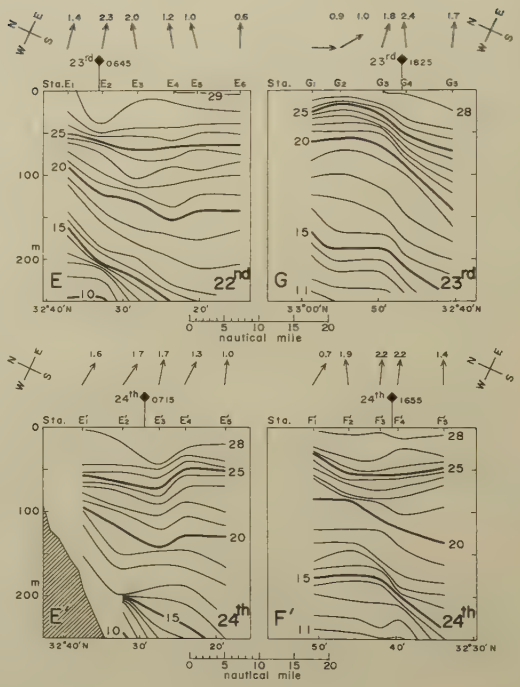


Fig. 6. Temperature profiles with a vertical exaggeration of 227 to 1 and GEK currentts off Shikoku. Location of the sections are show in Fig. 2. A *solid square with a leg* indicates the intersection of trajectory of surface and subsurface drogues with the section.

等値線を描いた。またFig. 5とFig. 6の 水温鉛直断面図では、第Ⅰ～Ⅳ次の放流断面と回収断面を、左右に並べて示した。ただし第Ⅱ次追跡では、1回で測定を打切ったために、回収断面の代りに、20日に放流され21日の正午頃発見された対空用海流板の近傍を横断するD線の断面を示した。なお、これらの断面図では、鉛直尺度（深さ）は水平尺度の数百倍に拡大されてあり、その倍率は日南海岸沖の A', B, A'' 断面では206倍、D断面では412倍（Fig. 5）、四国沖の E, G, E', F' 断面では227倍（Fig. 6）となっている。また各水温断面図の上側に示されているGEKの方位は、海岸を左手に見て断面に垂直な方向が図の上方に向くように、取られてある。

Table 1. Location and velocity at the axis of the Kuroshio main (M) and branch (B) streams during the measurement.

GEK Fix No.	Date	Time	N. Lat.	E. Long.	Dir.	Speed	Remark
Off Cape Toi Misaki, Kyushu							
A_6	Aug. 19	1424	30° 57.5′	132° 06.6′	105°	2.3′	M
A_2		1033	31° 07.3′	131° 46.4′	105°	1.4′	B
A'_3		2128	31° 06.2′	131° 50.5′	075°	1.6′	B
A''_1	Aug. 20	2147	31° 10.2′	131° 40.8′	080°	1.4′	B
Off Cape Ashizuri Misaki, Shikoku							
E_2	Aug. 22	2129	32° 34.0′	133° 10.4′	070°	2.3′	M
E'_3	Aug. 24	0217	32° 28.2′	133° 11.5′	075°	1.7′	M
E'_2		0318	32° 33.4′	133° 09.5′	100°	1.7′	M

Table 1 には、都井岬沖および足摺岬沖における、調査期間中の黒潮主流および分枝流の位置と流速・流向が示されてある。8月19日のA線観測結果によれば、黒潮主流の最強流部は、都井岬 120° 約45海里の A_6 点（Fig. 2）で、103°の方向に 2.3ノットで流れていた。この岸側には最強流速約 1.5ノットの分枝流があったが、Table 1に見られるように、その位置は都井岬 120° の方向20～30海里の海域で、断面観測をする度に、A_2、A'_3、A''_1 点と変動した。8月22～24日の足摺岬南南東の観測結果によれば、黒潮主流の位置はあまり大きな変動を示さずに、足摺岬 140°～150°の方向10～15海里の海域を、70°～100°の方向に約2ノットで流れていた。

C. 放流・回収点の黒潮に対する関係位置

Fig. 5 とFig. 6の水温鉛直断面図の上部には、海面用および次層用海流板の放流点と回収点の位置が、1本足のついた黒塗りの四辺形で示されてある。この図に基づいて、放流点および回収点の黒潮主流または分枝流軸に相対的な位置について、以下に述べる。

第Ⅰ次追跡（8月20日、日南海岸沖）の放流点は黒潮分枝流軸付近にあったが、回収点は分枝流軸より沖側へ約11海里の点にある。しかし、当時の風向は南寄りであったことや、回収断面の観測時刻と回収時刻の時差や、分枝流の不安定性などを考慮すると、回収断面の分枝流軸が放流断面の分枝流軸の延長であるとは考え難い。これはFig. 3 のGEK流速平面分布図から見ても明らかである。

第II次追跡（８月21日、日南海岸沖）の放流点は黒潮分枝流軸より沖側へ約４海里の点にあったが、この日は病人のため、追跡を中止した。

第III次追跡（８月23日、四国沖）および第Ⅳ次追跡（８月24日、四国沖）の放流点と回収点は、Fig. 6に見られるように、何れも黒潮主流軸付近にあった。しかしFig. 2 を見ると、第III次追跡に相当するY点（白四角）は、第Ⅳ次追跡に相当するZ点（黒四角）に比べて、放流点では主流軸より数海里岸寄りにあったが、回収点では両者が互いに接近した。これは1967年の四国沖の追跡でも見られたことである。

6．海流板の相対位置の時間的変化

A．海面用および次層用海流板

Fig. 7 は海面用（丸印A，B，C，D）および次層用（掛印a，b，c，d）海流板の各測定時における相対位置を示す。図を見易くするために、海流板の符号の順番に実線および破線で結んである。相対位置の変化を明瞭に示すために、合計８個の海流板の重心位置を測定時毎に算出し、それがおのおのの仕切枠の中心付近の或る特定点に落ちるように、図示してある。砂目の細い帯は、航空機上よりスケッチされた潮目の位置を示す。第Ｉ次追跡（８月20日）では、放流点の北西方向にあった潮目に、海流板が次第に接近し、夕刻にはその潮目に沿って、ほぼ一線に並んだようである。ただし第４節に述べたように、次層用海流板の作る四辺形の形状変化は、自然の収束発散のままに放置された状態と異なっている。付け変えや補強後の最初の測定時刻における海流板の配置図では、海流板符号を丸括弧で括って、このことを示した。このような不手際があったにも拘らず、海面用海流板は南側へ、次層用海流板は北側へと、それぞれまとまって相対運動を示したことは明確である。第II次追跡（８月21日）は、１回のみの測定で中止となったが、放流点が初め同一であったにも拘らず、海面用海流板は南側へ、次層用海流板は北側へと、それぞれまとまって、第１次よりも著しい相対運動を示している。第III次追跡（８月23日）では、海面用海流板がいち早く一線に近寄り、相対的に北側に移動し、夕刻には北側の潮目に沿って一線上に並んだ。これに対し次層用海流板は、一線上に集まらずに、相対的に南側へ移動した。第Ⅳ次追跡（８月24日）では、放流時における海流板の作る正方形の辺長および測定時間隔を、第Ⅰ～III次追跡の場合の半分である $1/8$ 海里および１時間とした。海面用海流板はまとまって相対的に北側に移動し、正午過ぎにほぼ南北方向に一線上に集まってから、海流板BとDとの配置が入れ替り、以後はマイナスの面積を増大させた。次層用海流板はまとまって相対的に南側に移動し、一時的な面積の縮小が見られるが、全体としては増大傾向を示した。

次に海面用海流板と次層用海流板のそれぞれの重心の相対運動より、海流の鉛直 shear を求めて見よう。日南海岸沖での第Ⅰ～II次追跡では、何れも海面用海流板は南側へ、次層用海流板は北側へと、相対運動を示したが、先にも述べた事情で量的なことは引き出せない。四国沖での第III～Ⅳ次追跡では何れも海面用海流板は北側へ、次層用海流板は南側へと、相対運動を示した。各海流板群の重心位置は、放流時には一致していたものが、第III次追跡では約９時間後の回収時に、北西－南東方向に約0.8海里へだたり、また第Ⅳ次追跡では約11.5時間後の回収時に、南北方向に約1.3 海里へだたった。したがって相対速度は0.1ノット前後となる。海面用および次層用抵抗板の深度差が約30mであるから、海流の鉛直 shear は約2×10^{-3} sec^{-1}となる。

B．対空用海流板

Fig. 8 は、日南海岸沖における８月20日午前と午後および四国沖における８月23日午前の対空用海流板の測定時における相対位置を示す。４個の対空用海流板A，B，C，Dの重心位置を基準にして、Fig. 7と同様に示したものである。海流板AとBにはローダミンのシーマーカーを付けたが、カラー写真では見難く、CとDに付けたウラニンのマーカーの染料尾の曳行状態をカラー写真よりスケッチして、Fig. 8 に点列として示した。また２隻の調査船で測定した風力と風向を、各仕切枠の左下隅にビューフォート階級で図示した。潮目の位置の図示は Fig. 7 と同様である。染料尾の曳行方向が風向とほぼ一致していることは、対空用海流板の空中露出部分が極めてわずかであるにもかかわらず、風圧による漂流を受けたものと考え

られる。また染料尾が直線状でなく彎曲したり、風向と或る角度をなしていることは、染料は時間が経つと次第に海面より沈降し、しかも海流の鉛直 shear があるために、染料尾の源泉部が位置する海面と末端部が位置する次層とでの、海流の相対速度の差を反映したためであると解釈される。第Ⅰ次追跡の８月20日午前では、放流点の北西にある北東－南西方向に走る潮目に海流板は次第に接近し、航空機の燃料補給のための約２時間半の中断後、午後に最初に行なわれた測定では、午前にあった潮目は痕跡程度となって海流板 A と D 付近に残存しており、海流板はこの潮目に沿ってほぼ一線上に並んだ。夕刻16時30分に追跡を打切ったが、翌日正午頃再発見され、各海流板の相互配置はかなり入れ替ったにも拘らず、Fig. 8 の第２行最右端に図示されているように、殆んど分散せずに全体として、よくまとまっていた。21日の再発見位置は31° 50′ N, 132° 16′ E （Fig. 2 上図の上端の黒塗り四角の位置）で、これは20日09時の放流点 31° 09′ N、131° 51′ E （Fig. 2 上図の黒塗り三角 a_1 のやや北方の位置）よりＮＮＥに約50海里の点に当たり、漂流速度は２ノット弱となる。

第Ⅱ次追跡は、航空機のみで８月21日午前に実施されたが、海流板が一線に集まる傾向は全く見られず、逆に分散傾向にあった。しかも４個の対空用海流板全部が、１枚のフィルム画面内に納らず、はみ出たものについては、第３節C(2)の方法で相対位置を測定した。

８月23日午前の第Ⅲ次追跡では、正午までは東西に走る潮目に沿って、ほぼ一線上に並んだが、12時16分の最終測定では、やや四辺形の面積を増大した。

7．収束発散の状態

第６節では、各種類別に４個の海流板が形作る四辺形の形状変化や重心位置の相対運動について考察した。４個の海流板が形作る四辺形の形状が細長くなっても、その面積が縮小しなければ、水平収束があるとは言えない。水平収束が０であっても、水平 shear があれば、四辺形は面積を一定に保ったまま細長く延びる筈である。収束発散の状態を調べるために Fig. 9 と Fig. 10を作成した。Fig. 9 は海面用（白丸）・次層用（十字）・対空用（黒四角）の海流板各４個が形作る四辺形の面積の時間的変化を示す。縦軸には１／100 平方海里を単位とした面積が目盛られているが、最下図の８月24日の分の目盛は、最上図および中央図の２倍に拡大されてある。また Fig. 10 は、第３節Ｄの式 (1) の最右辺の表現によって算出した水平収束量（マイナス）または水平発散量（プラス）の時間的変化を示す。縦軸には 10^{-5} sec^{-1} を単位とした収束発散量が目盛られてある。 Fig. 9 の最上図には、第Ⅰ次追跡の８月20日の次層用海流板群の面積の時間的変化が示されていないが、これは第６節Ａに述べた理由による。また Fig. 10 には、相続く２回の測定間で面積 S の符号が変わる場合には、収束発散量が示されていないが、これは第３節Ｄに述べた理由による。

８月20日の日南海岸沖における第Ⅰ次追跡では、海面用海流板も対空用海流板も、全体の傾向としては面積が０に近づき、水平収束を示している（ Fig. 9 ）。ただし対空用海流板は、放流直後と20日夕刻の最終測定時には、10^{-4} sec^{-1} 程度の水平発散を示している（Fig. 10 ）。その途中では収束発散量は、符号が変わる程の不規則な変動を示しているが、これは面積 S と時間間隔 Δt が小さいため、面積 S の誤差が拡大されて現われたものと考えられる。対空用および海面用海流板の水平収束量は、何れも 10^{-4} sec^{-1} 程度であるが、前者の方がやや大である。

８月21日の日南海岸沖における第Ⅱ次追跡では、測定誤差が大で量的なことは言えないが、発散傾向を示している。

８月23日の四国沖における第Ⅲ次追跡では、対空用海流板が 2×10^{-4} sec^{-1} 程度の著しい水平収束を示した。ただし最終測定では著しい発散を示した。海面用海流板がこれに次いで収束し、午後にはマイナスの面積となった。次層用海流板は初めに 3×10^{-5} sec^{-1} 程度の弱い収束を示したが、その後は 10^{-5} sec^{-1} 程度の弱い発散を示した。

８月24日の四国沖における第Ⅳ次追跡では、海面用海流板は正午過ぎまで 10^{-4} sec^{-1} 程度で収束して一線上に並んでから、午後にはマイナスの面積となって発散した。次層用海流板も午前には収束傾向にあっ

たが、海面用海流板のように面積0にまで収束することなく、午後にはプラスの面積のまま、発散を示した。その量的大きさは、面積Sと測定時刻間隔 Δtが小のために拡大された誤差が影響して、不規則な変動を示しているが、10^{-4} sec^{-1} 程度である。

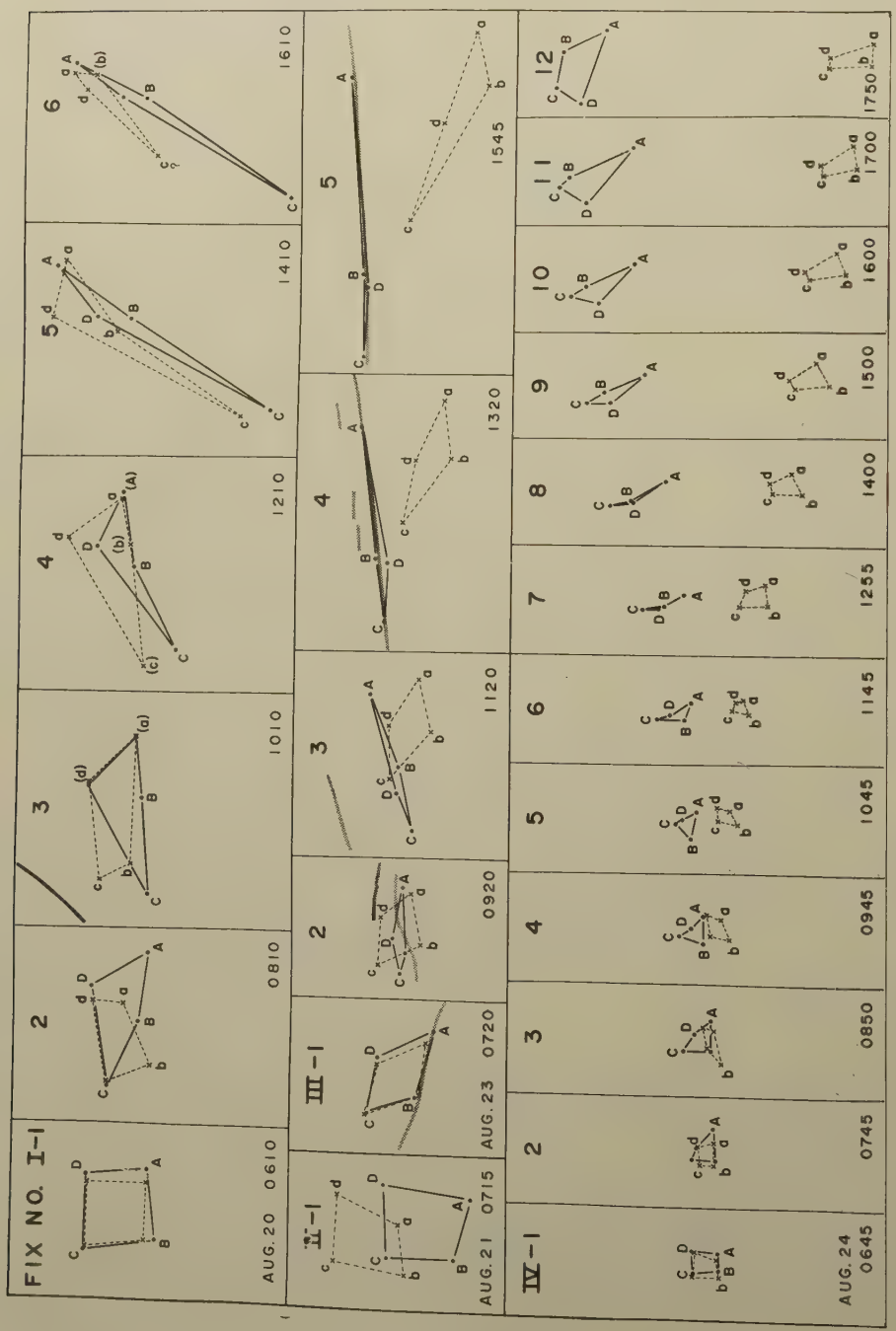


Fig. 7. Time change in relative positions of surface (A, B, C and D) and subsurface (a, b, c and d) drogues.

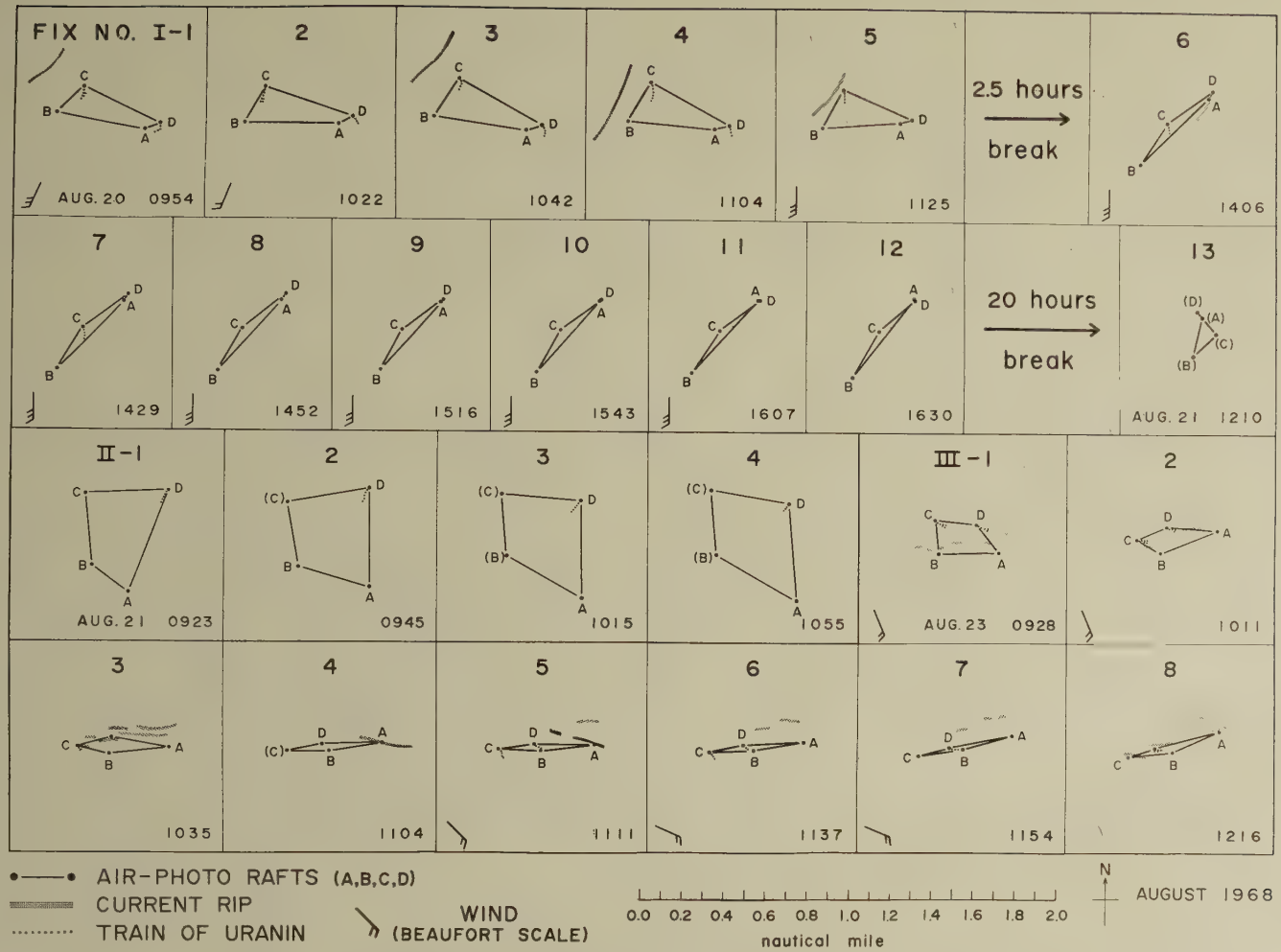


Fig. 8. Time change in relative positions of air-photo rafts (*A*, *B*, *C* and *D*).

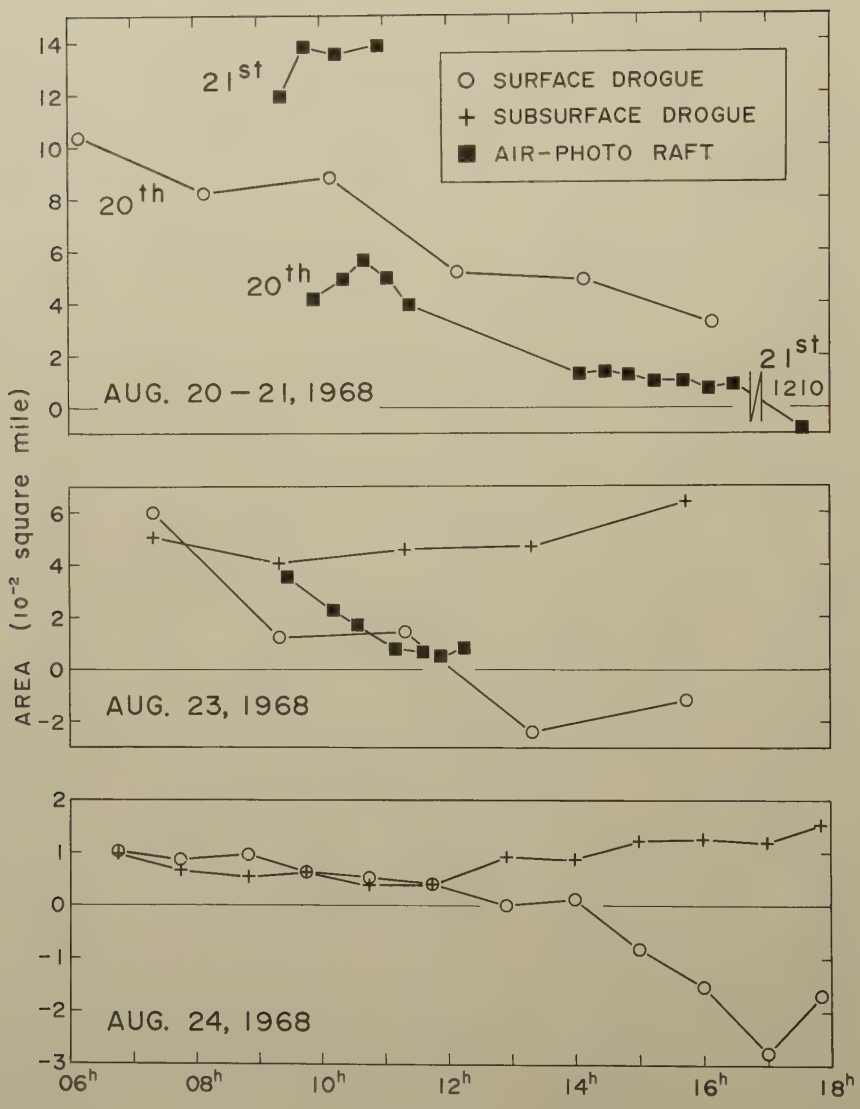


Fig. 9. Time change in quadrilateral area made by four drogues or by four rafts.

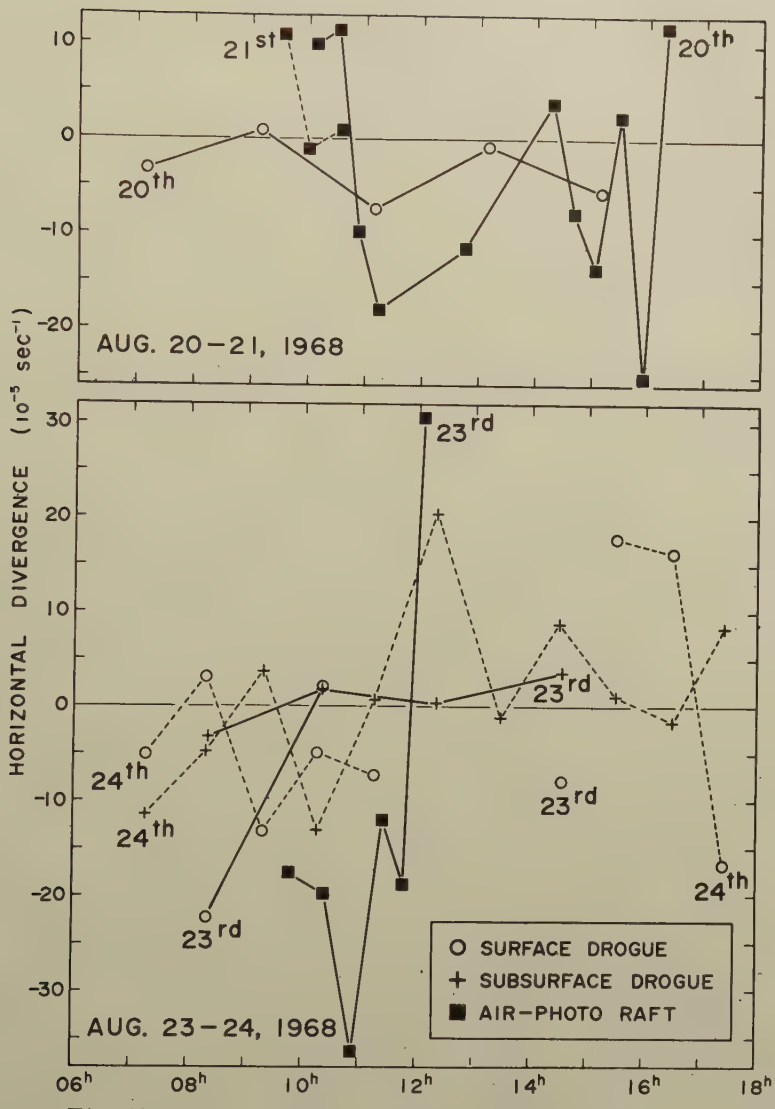


Fig. 10. Time change in horizontal divergence calculated by eq. (1).

8．植物プランクトンの分布

Fig. 11とFig. 12 は、日南海岸沖および四国沖における植物プランクトン量の海面における分布を示す。これらはＢＴを海中に沈める前に、海面下１～２ｍの所に暫らくＢＴを留めておく頃に、ズック製のバケツで採取された海面下１～２ｍ深の海水１ℓ中に含まれていたものである。採集点数は全部で92点である。珪藻綱については属毎に、藍藻綱については属の区分けをせずに一括して、鎖や塊まりの全数を勘定した。Fig. 11とFig.12の図ａには海水１ℓ中に含まれる藍藻綱の塊数をｂ，ｃ，ｄには珪藻綱の内で数の多かった３属（*Rhizosolenia*，*Chaetoceros*，*Nitzschia*）の海水１ℓ中に含まれる鎖数を、それぞれ５階級別に示してある。

Fig. 4 に示されてある四国沖の海面海流の分布をFig. 12ａと比較すると、藍藻綱は四国沖の２ノット以上の黒潮主流軸付近に沿って濃密に分布し、それより岸側では急激に減少するが、沖側では徐々に減少している。日南海岸沖においては、先にも述べたように黒潮分枝流の位置が、はっきりしないことと、しかも変動し易いこともあるためか、海流分布との明確な対応関係は見出せない。珪藻綱の分布については四国沖、日南海岸沖の何れの場合にも、はっきりした分布の特徴が摑めなかった。

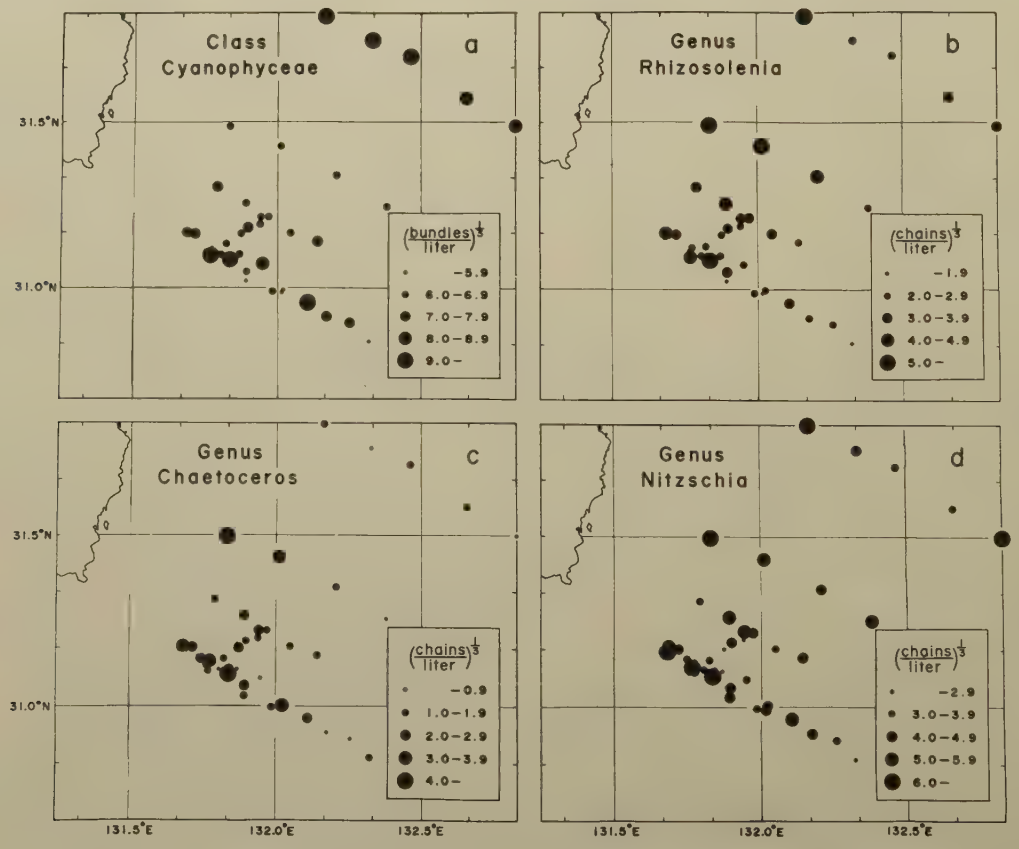


Fig. 11.　Surface phytoplankton off the Nichinan Coast, Kyushu.

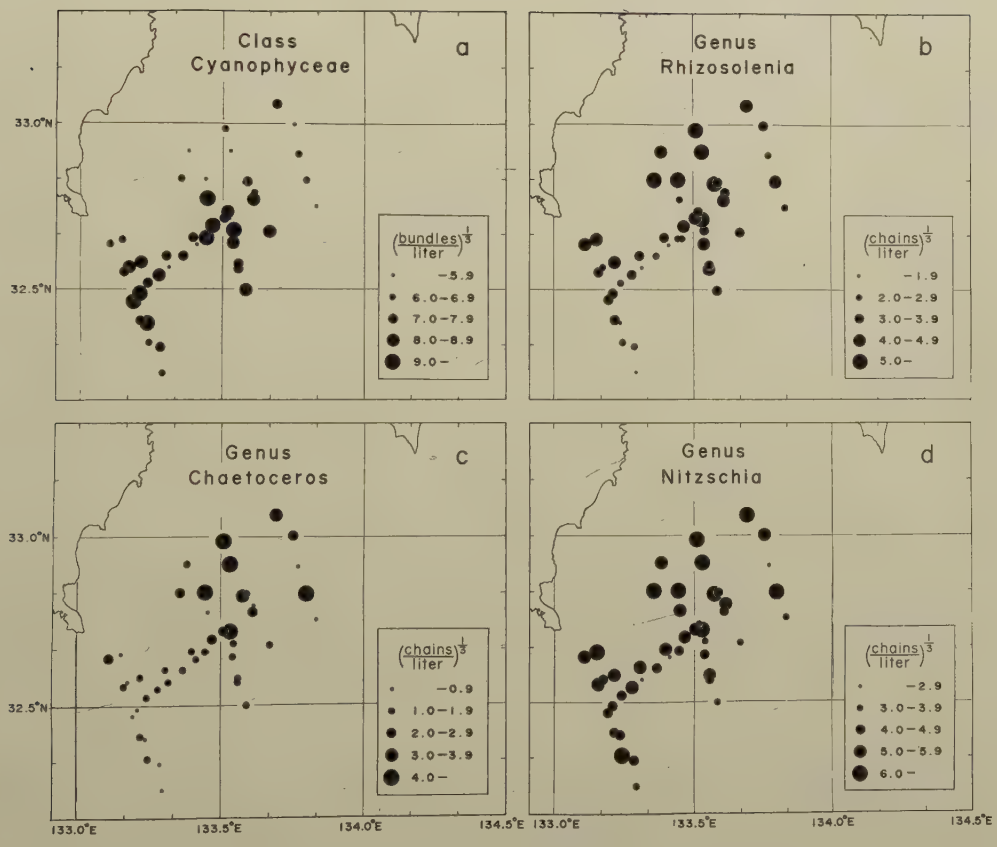


Fig. 12. Surface phytoplankton off Shikoku.

9. ま と め

四国沖では黒潮主流の強流軸が明確であり、時間的変動も少ない。このような黒潮主流付近では、抵抗板の深さが最も浅い対空用海流板が著しい収束を示し、2～3m深に抵抗板をもつ海面用海流板がこれに次ぐ収束を示し、表層混合層の下部付近に当たる30m深に抵抗板をもつ次層用海流板は発散するか、または収束するにしても、その程度は微弱であった。第III次と第IV次追跡を比較すると、前者では対空用および海面用海流板は収束、次層用海流板は発散と、際立った対照を示したが、後者ではそれほど著しい対照を示さなかった。これは第III次と第IV次追跡における放流点の差異によるものであろう。第III次追跡の放流点は、第I報で著しい収束の観測された、強流軸より2～3海里岸寄りの潮目帯に、第IV次追跡の放流点は、丁度強流軸付近にあったものと考えられる。そして放流後の時間が経つにつれて、第III次と第IV次追跡のコースは相寄り（Fig. 2下）合流した。同様な現象は1967年の四国沖の調査でも見られた。しかし水平収束と合流とは別のことであって、合流してもFig. 6 に見られるように、下流で流速が増大すれば、水平収束は生じなくてもよい。

都井岬沖では、黒潮分枝流の強流軸が明確でないことと、時間的変動が著しいこともあって、追跡コースが海流構造の如何なる特性帯に対応するかを決めることが困難である。しかも放流点と回収点とが、異なった特性帯に対応することもあり得る。放流点の海流構造について考えると、第I次追跡は分枝流軸付近に当たり、ここでは対空用海流板が最も著しい収束を、海面用海流板がそれに次ぐ収束を示した。次層用海流板の面積は算出されてないが、Fig. 7 の第1行に見られるように、面積は縮小せずに増大つまり発散傾向にあったと言えよう。第II次追跡では分枝流軸より約4海里沖側にあった対空用海流板が発散傾向にあった。

黒潮主流軸の明確であった四国沖での藍藻綱の分布は、次のように説明できるのではないか。すなわち藍藻綱の好適棲息域は、黒潮主流軸付近よりそのやや沖側にかけて存在する最高水温帯付近にあるが、主流軸付近より、そのやや岸側にかけて海面海水の収束帯があるために、海水は徐々に沈降するが、浮遊性の藍藻綱は海面に滞積しながら、下流に運搬され、Fig. 12 のような結果になったと推定される。

以上に述べた1968年の調査結果は、第I報で海面における海水の収束発散状態から推定した、黒潮主流を斜めに横切る2個のらせん状海水運動系の模型と矛盾するものではない。しかし一度収束した海水がまた発散を示すのは、どういう訳かよくわからない。したがって上述の模型も、更に手際よく工夫された調査によって再検討する必要がある。しかし黒潮主流軸付近からそのやや岸側にかけては、海面には著しい収束帯があり、その下方の表層混合層底部付近には著しい発散帯があり、両面の境界を離れた中間深度は、水平収束も発散も弱いという結論は、かなり確実なものと考えられる。

また浮性卵が孵化して前期仔魚の段階になると、海面より次層へと棲息水深を変えることは、上述の水理条件を考え併せると、卵の受精率向上と仔魚の飢餓による初期減耗回避という効果をもたらしていると推定される。すなわち卵の段階では潮目帯の海面付近に浮遊しており、ここでは海水の収束のために卵が密集し結果として受精が効率的となっているものと考えられる。また孵化後の段階では次層に棲息しており、ここでは海水の収束が著しくないか、または発散しているために、仔魚は分散して分布密度が小に保たれ、仔魚間の摂餌競合が緩和され、初期減耗の最大因の一つとして挙げられている飢餓の回避という結果に至っていると解釈される。

従来、難事とされていた海水の水平収束発散量の直接測定法が、本研究によって開発され、2ヶ年にわたって黒潮で実施に調査を行なって若干の資料が得られたというのが、本研究進展の現状である。しかしこれだけの資料によっても、黒潮付近の海洋浮遊物の分布は、単なる拡散現象としてではなく、収束発散を考慮に入れて論じられなければならないことが判明した。

文　献

川合英夫・坂本久雄・百田方子. 1969：黒潮表層水の収束発散に関する研究一 I. 南西水研報告, (1), 1－14.

人工クラゲにより観測された東シナ海海底流について－I*

川合　英夫**・坂本　久雄

ON BOTTOM CURRENTS IN THE EAST CHINA SEA MEASURED WITH SEA-BED DRIFTERS－I

Hideo Kawai ** and Hisao Sakamoto

With the sea-bed drifters (Fig. 1) as used by U. S. scientists, an investigation on bottom currents in the East China Sea, the area of the continental shelf in the sea including that in the Yellow Sea being about 10^6 km^2, was made. The sinking speed of a bunch of five drifters, weighted with two salt spools which quickly sink the drifters to the bottom, is about 7 m per minuite immediately after the release. The 1788 drifters were released on board three research vessels at nine stations 140 to 200 nautical miles NW or NNW of the Amami Oshima Island on August 2–3, 1968 (Table 1, *upper* and Fig. 3). The bottom depths at the nine stations are between 95 and 130 m (Table 1). In twelve months, 93 sea-bed drifters have been recovered from the bottom by fishermen, and a drifter without the copper ferrule has been stranded on the shore of the Tsushima Island. The rate of recovery at the bottom has been 5.2%. The recovery position has commonly an error of about five nautical miles at most, which corresponds to the mean distance between positions of lowering and heaving of a bottom trawling net. Some of reports on the positions with too wide distance seem to be erroneous as shown in Figs. 3 and 4. Neverthless, most of recovery positions are distributed in an envelope stretching northward nearly along the 100 m contour and bending loosely northwestward afterwards (Fig. 3). Comparing the results with the intensity of bottom trawling by Japanese fishing-boats (Fig. 2), the envelope seems to be an indication of bottom current. The drift speed assuming a straight trajectory between release and recovery positions is roughly between 0.5 and 1.5 nautical miles per day (Fig. 4).

＊　昭和44年8月31日　受理　南西海区水産研究所業績　第12号。本研究の一部は日本海洋学会春季大会（1969年4月）で発表された。

＊＊　日本海区水産研究所　Japan Sea Regional Fisheris Research Laboratory, Niigata－shi

1. はじめに

日本列島を含む北太平洋西部の弧状列島東岸の大陸棚は、世界的に見ても極めて狭い部類に属する。しかしながらわが国西方にある東シナ海には、黄海を含めて総面積およそ100万km^2の広大な大陸棚が発達し、機船底曳網漁業に好適な漁場となっている。また近年脚光を浴びてきた、石油を初めとする海底鉱物資源の有望な埋蔵域の一つとなっている。この研究課題は、上述のような大陸棚上の水産資源の環境の一端の解明や、将来に予想される海底開発に伴なう大陸棚海底汚染水の影響範囲の事前予察などの産業的寄与ばかりでなく、黒潮やその分枝流である対馬暖流・東鮮暖流・黄海暖流などの根源流域として重要な東シナ海の海底流の直接観測による海洋水理学的解明を意図して、取上げられたものである。

大陸棚海底流の直接観測については、海底に固定した自記流速計による方法もあるが、固定観測点の数や観測継続時間の長さには制約があり、広範囲かつ長期間の大陸棚海底流の動向については、推測以外に何らの知識も得られていなかった。本研究においては、多数のクラゲ型海底漂流物体（以後、単に人工クラゲと略称することもある。ただし東海区水産研究所海洋部で用いられている、クラゲ型海面漂流物体と区別する必要がある場合には、海底用人工クラゲと呼ぶ。）を、調査船により放流し、機船底曳網漁船などよりの回収位置と月日の報告により、海底流の流向とおよその流速を、直接測定しようとするものである。

海底用人工クラゲによる海流調査方法は、わが国では19世紀末より行なわれている、海面における漂流瓶調査の方法と似ているが、漂流面が海洋の上方境界面と下方境界面という本質的相異の他に、以下のような対照的相異がある。漂流瓶は風圧の影響を多分に受けるが、海底用人工クラゲはわずかではあるが海底摩擦の影響を受ける。この抵抗力は海底面の状態によるばかりでなく、クラゲの水中重量に比例して増大する。漂流瓶は海岸近くを流れていても、海岸に打上げられてしかも発見されなければ回収されない。海底用人工クラゲは海底で回収され、しかも回収時がその場所への到達時と一致する。しかしその回収は漁船の海底曳網にのみ依存し、回収数は曳網回数の多少により異なってくる。また投網と揚網の２地点間のどの地点で、網に掛かったのか不明であるという欠点がある。したがって、この調査結果によってあまり小規模な局所的海流構造は論じられない。

本研究は、科学技術庁特別調整費による、黒潮共同調査（ＣＳＫ）に関する綜合研究の一環として実施されたものである。また本調査は、西海区水産研究所海洋部担当の東シナ海黒潮調査に、便乗して実施されたものであり、以下に記す３隻の調査船の船長をはじめとする乗組員および調査員がこれに従事した。

蒼鷹丸	船長	黒肱善雄	
(260トン)	調査員	近藤正人	(西海区水研海洋部)
		藤本　実	(東海区水研海洋部)
	故	藤森　完	(東海区水研海洋部)
		林　琦棒	(韓国国立水産振興院)
		岩佐秀一	(東海大学　学生)
陽光丸	船長	加藤　昌	
(217トン)	調査員	井上尚文	(西海区水研海洋部)
		上原　進	(東海区水研海洋部)
俊鷹丸	船長	角田精一	
(184トン)	調査員	玉井一寿	(西海区水研海洋部)
		金本自由生	(東海大学　学生)
		川合英夫	(南西海区水研海洋部)

更にまた人工クラゲの回収と回収位置の報告には、日本ばかりでなく韓国の漁船員の方々がこれに当たった。

なお、人工クラゲの原型である sea－bed drifter と salt spool の現品は、米国 Woods Hole 海洋学研究所の Dean F. Bumpus 氏により送られてきたものである。沈降用塩塊の製作には高知市の

高野新一氏が当たり、須崎湾で行なった沈降実験には、高知県水産試験場調査船いそちどりの乗組員および石田善久技師らの応援を受けた。また本報で使用した機船底曳網漁船の曳網の回数の統計資料は、西海区水産研究所底魚資源部より借用した。製図には川島宣子嬢が当たり、東シナ海の海底地形や底曳網漁業の実態などについては、西海区水産研究所の井上尚文技官らより教示を受けた。

以上の方々の援助に対して、ここに厚くお礼を申上げる。

2．人工クラゲの構造

既に米国東岸の大陸棚において使用されている Woodhead 型 sea－bed drifter（Bumpus，1965；Lee *etal*．1965）と、ほとんど同型のものを使用した（Fig．1）。

A．本体

クラゲの笠と足はポリエチレン製である。笠の直径は18㎝、厚みは1.5㎜であるが、皿のように凹んでおり、凹みの深さは約2.5㎝である。笠には4個の内径 1.7㎝の穴があけてある。足の長さは約50㎝、太さは約5㎜である。笠と足の総重量は約 35g であるが、これのみでは海面に浮上してしまう。

Fig．1．Five sea－bed drifters with two and salt spools．

B．固着錘

長さ約3.5㎝、重量約 5gの銅製管状のもので、クラゲの足の末端付近に固着されている。これは藤本実の考案による。

C．ラベル

6㎝×5㎝のスティッカーで、クラゲ番号、回収に関するデーターの報告依頼項目などが印刷されてある。ある。

D．沈降用塩塊

人工クラゲが海底流にしたがって海底に沿って漂流するためには、その比重が海水の比重よりわずかに大である状態が理想的である。しかしこのままで海中に投入すると、海底に達するまでの時間が長くかかり、もし表層や次層に強い海流があり、海底深度が大である時には、沈降途中における水平漂流距離が大となるために、海面における放流点と海底到達点との水平距離の差が大となってしまう。これを防ぐには、速いスピードで沈降するような工夫を必要とする。米国で用いられたものと同様な、溶解速度のやや遅い塩塊を試作して使用した。塩塊は外径約5㎝、内径約2㎝、厚さ約2㎝、重量約55g のドーナツ型をなしていた。

3．投　入

Bumpus (1965) の報告の Fig．1 に示されているように、人工クラゲ5個の足を一束にして、ドーナツ型塩塊の穴に通し、丁度花束をもつような形で、調査船の甲板上より静かに海中に放流した。塩塊は、Bumpus (1965) の場合には1個であったが、本調査では2個を用いた。

須崎港で実施した沈降実験では、クラゲは頭部を下にして、塩塊を2個と1個を付けた場合には、それぞ

Table 1. Sea-bed drifter releases and recoveries in the East China Sea

Release data

Vessel	*Yoko Maru*			*Soyo Maru*			*Shyn'yo Maru*			
Station	X_6	X_7	X_8	Y_6	Y_7	Y_8	Z_6	Z_7	Z_8	Total
Date	Aug. 3	Aug. 3	Aug. 3	Aug. 2	Aug. 2	Aug. 2	Aug. 2	Aug. 2	Aug. 2	
Time	0030	0220	0430	1820	2055	2305	1940	2205	2350	
N. Lat.	29°33′	29°38′	29°42′	30°08′	30°15′	30°21′	30°48′	30°53′	30°58′	
E. Long.	126°58′	126°44′	126°30′	127°26′	127°06′	126°45′	127°34′	127°17′	127°01′	
Depth (m)	110	100	100	130	105	95	120	110	95	
Direction	270°	320°	300°	150°	200°	245°	220°	280°	325°	
Velocity (kt)	0.9	0.3	0.3	1.2	0.7	0.2	0.6	0.5	0.4	
Released No. ed	198	200	199	195	200	198	199	200	198 +(1)[a]	1787 +(1)[a]

Number recovered by release station, by recovery month

	X_6	X_7	X_8	Y_6	Y_7	Y_8	Z_6	Z_7	Z_8	Total
Aug. 1968	0	17	3	3	9	0	3	4	0	39
Sept.	1	2	3	1 +(1)[b]	0	1	1	1 +(1)[b]	(1)[a]	10+(1)[a] +(2)[b]
Oct.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov.	1	1	1	2	0	0	2	3	0	10
Dec.	1	0	1	0	0	1	(1)c	0	0	3 +(1)[c]
Jan. 1969	1	0	0	0	1	0	5	2	1	10
Feb.	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3 +(1)[d]
Mar.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3
Apr.	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4
May	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
June	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
July	0	1	1	0	0	0	0	1	1	4
Total	4	22	10	6 +(1)[b] +(1)[e]	10	4	17+(1)[c]	13+(1)[b]	2 +(1)[a]	88+(1)[a] +(2)[b] +(1)[c] +(1)[d] +(1)[e]

The mark *a* indicates a drifter stranded on the shore of the Tsushima Island without the copper ferrule.

The mark *b* indicates two drifters with indefinite correspondence of date and position of recovery to the number printed on the label adhered to the drifter.

The mark *c* indicates a drifter with a report indefinite about position of recovery.

The mark *d* indicates a drifter without any report about the number printed on the label.

The mark *e* indicates a drifter without any report about date and position of recovery.

れ平均して1分間に約7 mおよび3.5 mの速さで沈降した。塩塊が沈降途中で溶解するために、沈降速度は次第に減少するが、深さ200 mの海底に達するには、塩塊2個の場合には遅くとも1時間とはかからず、沈降中に2ノットの表層流や次層流で流されたとしても、そのために生ずる海底到達点と海面投入点の位置のくい違いは、2海里以内に留まり、東シナ海大陸棚上の海底流の研究では全く問題にならないという推定が本調査実施前に得られた。

沈降用として付けた塩塊が溶解し尽くす時間は、BUMPUS (1965)の場合には約1時間であったが、本研究で用いたものについては、静水中で1時間以上であった。動水中の実験は行なわれていないが、これより短時間であり、また全部が溶解し尽くす前に、塩塊の環が切れてクラゲが外れるものと考えられる。更に製品ムラがあるために、投入直後に海面付近で塩塊が2個ともヒビ割れして、投入したクラゲの内の或るものは、クラゲのみの水中重量によって沈降した場合も考えられる。その場合の沈降速度は、実験の結果によれば、1分間に約2 mであった。Table 1 によれば、Y_6 点での水深は130 m、海面流速は1.2 ノットであり、9個の投入点の内の水深および海面流速の両方について最大値に当たる。上記の鉛直速度で人工クラゲが沈降すると、130 mの海底に達するには約65分を要し、沈降中の水平移動距離は、海底付近まで1.2ノットの海流があったと仮定しても、約1.3海里となる。またロラーンによる位置測定誤差は1海里程度である。したがって投入点位置の最大誤差は2～3海里程度であったと考えてよい。

Table 1 の上半分に示されているように、3隻の調査船、陽光丸・蒼鷹丸・俊鷹丸により、奄美大島NW～NNW140 ～200 海里の東シナ海大陸棚上の9点（Fig. 3 の掛印）において、合計1788個の人工クラゲを、1968年8月2日夜より3日早朝までの約10時間以内に一斉に投入した。

投入点の海底深度は、すべて95 ～130 mの範囲内にあった。GEKによる投入点の海面海流は、Y_6 点におけるほぼSSEに向かう1.2 ノットを除いて、SSWよりNWの間の、西寄りの成分をもった1ノット未満の弱流であった。

井上（1968）によれば、人工クラゲ投入時の黒潮主流は、X_6 点の南東約45海里に当たる29.0° N, 127.5° E付近で大陸棚斜面より離れ、ほぼ東に進路をとってトカラ海峡に向かっていた。しかし対馬暖流の派生状況は、GEK観測結果では、あまり明らかではなかった。

4、回　収

東シナ海大陸棚に多数出漁している機船底曳網漁船またはトロール漁船に、回収および回収年月日・回収位置・回収漁具・回収者の住所氏名その他の報告を依頼した。

これらの漁船の大部分は、操業中に3ノット以下の船速で約1.5時間曳網する。中には極くまれであるがトロール漁船では約4時間も曳網する場合もあった。したがって投網点と揚網点の位置測定が正確になされたとしても、回収点の位置には通常の場合に最大約5海里、まれには最大約12海里の誤差が見込まれる。

回収位置の報告型式には、いろいろのものがあった。

(1) 大部分の報告では、回収位置が緯度経度の1点で示されてあった。これは投網点、揚網点、またはその中間点の何れかであると考えられる。

(2) 投網点と揚網点の2点の緯度経度を報告してきたものが、若干あった。そしてこの2点間の距離が10海里未満の場合には、その中間点を回収点と見なして、Fig. 3 に示した。その距離が10海里以上の場合には、誤まりと考えられ、Fig. 3 には投入点と回収点の2点とも記入し、線分で結んで他の区別して示した。これはFig. 4 でも同様に表わされてある。

(3) 回収位置が緯度経度によらずに、農林漁区番号によったものが若干あった。緯度経度30分の各区画は3桁の数字で表わされ、更にそれを9分割した緯度経度10分の小区画は、もう1桁の数字によって表わされる。農林漁区番号による回収点報告では、大部分が10分区画まで示されてあったが、中には2個の30分区画で示されていたものもあった。その時には区画の中心点を結ぶ線分の中間点を回収点と見なした。

以上に述べたことを綜合すると、回収点の位置の誤差は、ほとんどの場合に、10海里以内であったと考え

てよい。

5. 考　察

Table.1 の下半分には、投入点別、回収月別に、回収個数が記されてある。1968年9月には対馬海岸に銅製錘りが外れ海面を漂流したものが打上げられた。これは Z_8 点で投入されたものであった（Table 1 のａ符号）。これを除くと実効総投入数1787個のクラゲの内、投入からほとんど1年後の1969年7月31日までの海底での総回収数は93個、回収率は5.2 %となる。

また1968年9月に回収された2個は Y_6 と Z_7 点で放流されたものであるが、報告書に記入されてあった2組の回収月日・位置と2個のクラゲ番号の対応が不明であった（Table 1 のｂ符号）。Z_6 点で放流され1968年12月に韓国の漁船員により回収されたものは、回収位置の報告が不明確であった（Table 1のｃ符号）。1969年2月に回収されたものの内の1個については、回収位置の報告は受けたが、ラベルが送付されずクラゲ番号、したがって投入点も不明であった（Table 1のｄ符号）。Y_6 点で放流された内の1個については、回収位置と回収月の報告がなかった（Table 1 のｅ符号）。これらの報告が不完全なクラゲ個数は計5個であった。

次に月別回収個数を調べると、投入直後の1968年8月に極めて多く39個であったが、10月には皆無となった。1968年11月と1969年1月には、それぞれ10個とやや多い回収があったが、その後には散発的となった。また投入点別に見ると、X_7、Z_6、Z_7 点で投入されたものは、それぞれ22、18、14個と他の点より多い回収個数を示している。しかし更に月別に見ると、X_7 点で投入されたものは、投入直後の8月末までに17個が回収され、その後の回収はほとんどない。Fig. 2は、水産庁福岡漁業調整事務所で統計をとった、1968年8月以降の各月の、緯度経度30分区画毎の、わが国機船底曳網漁船の曳網回数を、5階級に分けて示した図である。この図に示されているように、8月における X_7 点付近での曳網回数が非常に多かったことが、上述の回収状況と関連している。これに対して、Z_6 と Z_7 点で投入されたものについては、各月の回収個数がたいして多くはないが、回収が継続的であった点が特徴的である。この2点は、9個の投入点の内で最も北東寄りに位置を占めており、海底流の流向と各月における主漁場の形成位置と関連しているのであろう。

Fig. 3　には、2箇月毎に区分した回収月により記号別に、全回収点の位置が海図上に記入されている。この点数は総計89個（線分で結んだ一対の2点は、第4節(2)で説明した理由により、1個と数える。）であり、Table 1 の総回収個数94より5個少ないことは、本節の初めに説明した理由による。海底の等深線は西海区水産研究所遠洋資源部（1966）によった。

投入直後の1968年8月における回収点は、ほとんど投入点付近に限られていた。しかし済州島南方60海里付近（32° N 付近）に達したものが1個あった。また投入点Ｚ８の西方150 海里付近（31° N，124° E 付近）で2個回収されたが、これは報告位置の誤まりと考えられる。9月における回収点も8月におけるものより全体として、やや北に移動した程度で、回収位置には大きな変化が見られない。その後の回収点は、ほぼ100 m 等深線沿いに北進し、済州島南方50～100 海里付近よりは、ゆるやかに進路を北西に転じ、1969年1月には、回収点の先頭は済州島西方60海里付近（33° N付近）の黄海南部に到達した。その後の回収点もほぼ上述の進路上にあった。投入よりほぼ一年後に当たる1969年7月31日までの回収位置の内で、最北のものは木浦西方の 34.5° N，125.0° E付近にあった。

Fig. 2によれば、済州島東方近海では、かなりの操業が行なわれているにもかかわらず、現在まで回収が全くない。ただし先にも述べたように、対馬海岸には錘りが外れて海面を漂流したものが1個回収されている。これらのことから、奄美大島NW～NNW 140 ～200 海里付近より済州島西方60海里付近を経て、更に黄海南部に入り込む、海底流の存在を確認できた。従来の推定では、この辺りの海底流は、対馬海峡または朝鮮海峡へ流去するとされていたが、本研究の結果によって、そのような推定の誤まりが明らかになった。

Fig. 4は、1968年8月2日を0日として数えた、クラゲの投入より回収までの経過日数と直線漂流距離の関係を表わす。回収報告の不完全のものが5個あり、Fig. 4の総点数（線分で結んだ一対の点は、先にも述べた理由により、1個として数える。）は、Table 1の総回収個数より5個少ない。縦軸のマイナスの距離は、回収点が投入点より低緯度にある場合に相当する。またFig. 4に引かれている原点より放射する直線に沿っては、直線漂流距離が一定であり、数字は1日当たりの漂流距離を表わす。投入直後に回収されたものについては、漂流距離が短かいために、回収位置の誤差が漂流速度に対して、相対的に大きな誤差を生ずるために、これを無視すると、クラゲの海底直線漂流速度は、1日当たり 0.5～1.5 海里程度のものがほとんどであった。したがって海底流の流速は、これを若干上廻るものと推定するのが、妥当であろう。

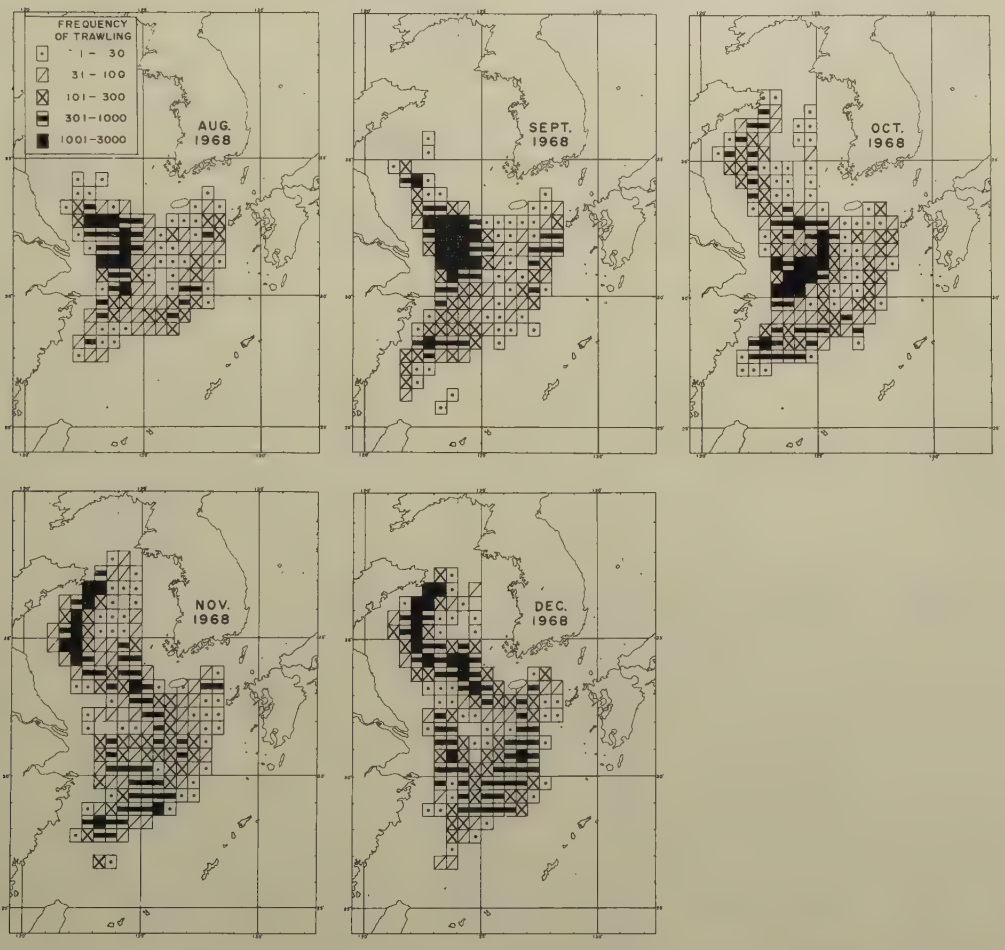


Fig. 2. Intensity of bottom trawling by Japanese fishing-boats in the East China Sea based on unpublished statistics from the Fukuoka Fisheries Coordination Office, the Japan Fisheries Agency.

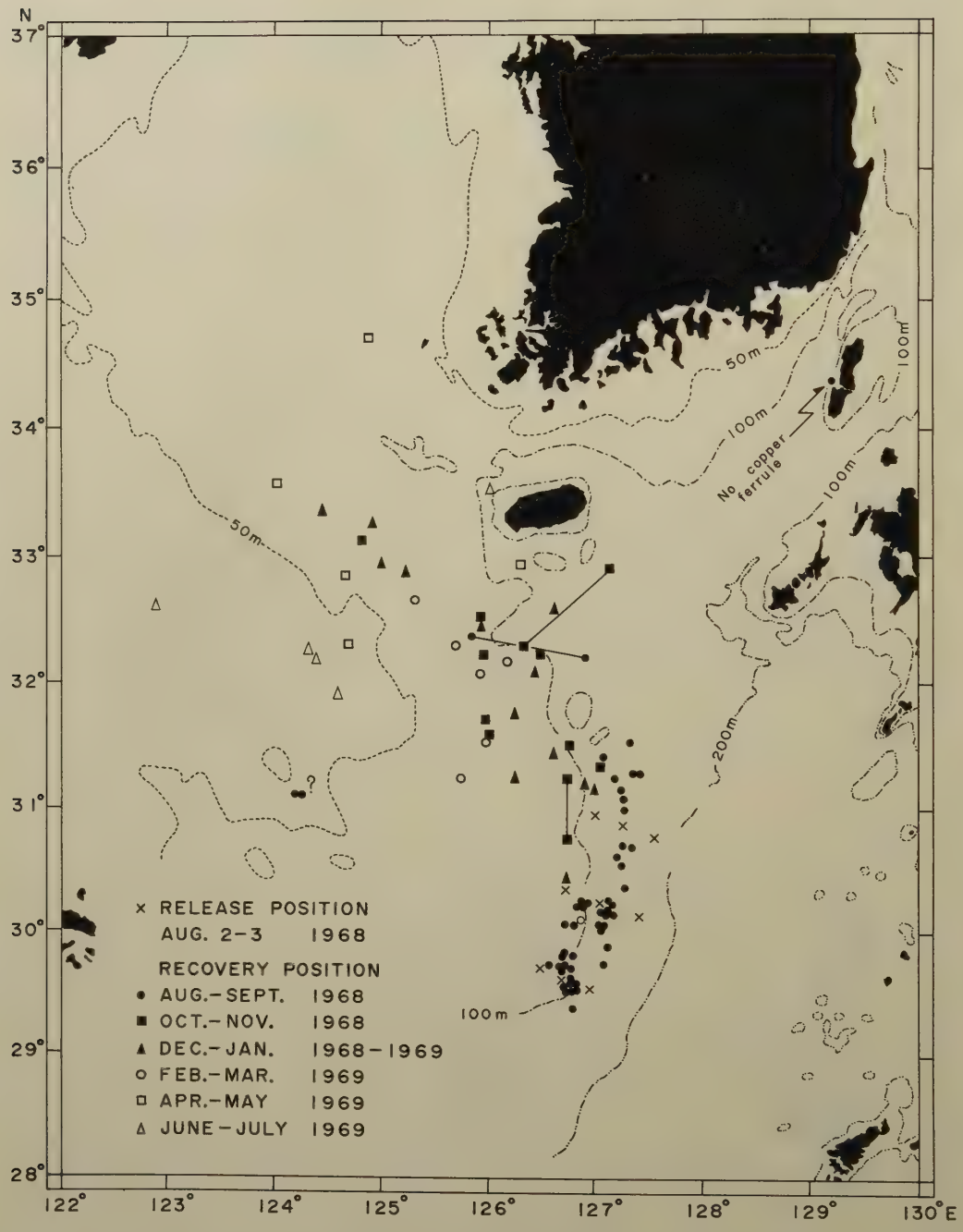


Fig. 3. Release and recovery positions of sea-bed drifters. A couple of positions tied with a straight line indicate probably erroneous positions of lowering and heaving of a bottom trawling net because of too wide distance. The bottom contour lines are reproduced from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, the Division of Pelagic Fisheries Resources (1966).

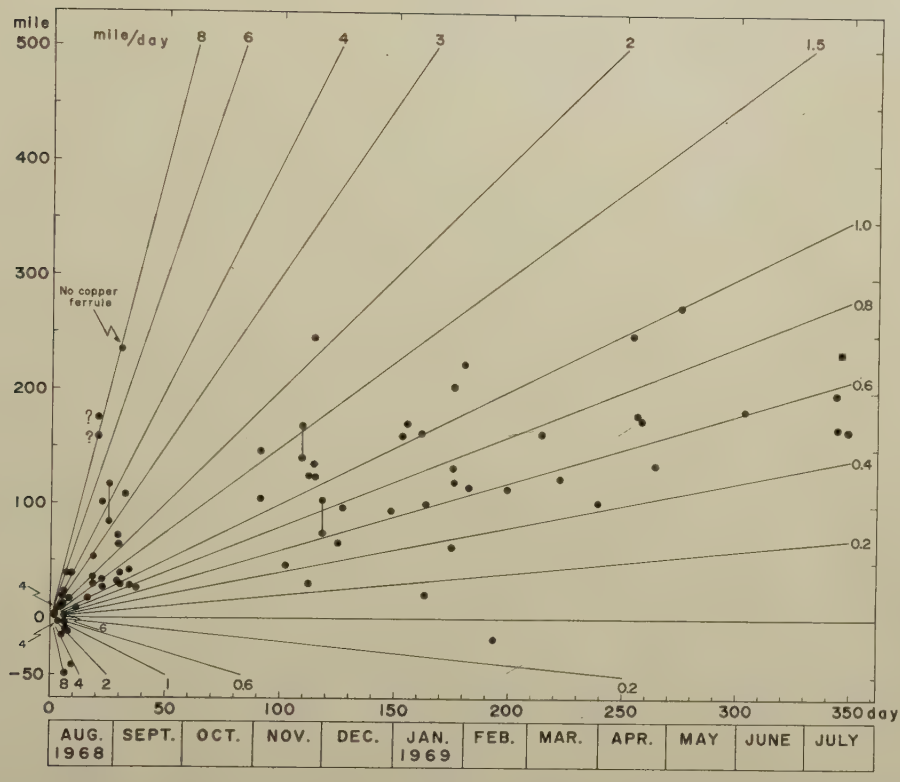


Fig. 4. Linear distance between release and recovery positions vs. days elapsed from release to recovery. Negative ordinate corresponds to the southerly drift. Slanting lines emitted from the origin indicate drift speed in nautical miles per day. A couple of points tied with a vertical line indicate the same meaning as in Fig. 3. Total number of points in Fig. 4 wants five points of that in Fig. 3 because of no report about the number printed on the lebel adhered to the drifter.

文　献

BUMPUS, D. F. 1965: Residual drift along the bottom on the continental shelf in the Middle Atlantic Bight area. Limnol. Oceanog. 10: (Suppl.) R 50–R 53.

井上尚文. 1968：昭和43年度「ＣＳＫに関する特別調査研究」調査実施概要. 西海区水研海洋部（透写複写）.

LEE, A. J., BUMPUS, D. E. and LAUZIER, L. M. 1965: The sea-bed drifter. International commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bull. 2: 42–47.

西海区水研遠洋資源部. 1966：底魚資源調査研究連絡 41.

南西海区水域に出現する魚卵・稚魚の研究－Ⅰ*

出現種類と出現期

松田　星二

THE STUDIES ON FISF EGGS AND LARVAE OCCURED IN THE NANSEI REGIONAL WATERS OF JAPAN－I

SPECIES OCCURED AND THERE SEASONAL VARIATION

Seiji MATSUDA

This paper deals with data collected by Surfacial hauls of Maruchi-net (A type larva net) in the Nansei Regional waters of Japan during January 1954 to March 1968, the data collected at 6,634 Station.

The results of Studies on the Species occured and their-occurence of the eggs and larvae are summarized as follows:

1). Species of fish eggs and lavae collected in Nansei Regional waters during January 1954 to March 1968 amount to 176 species belong to 86 fish families.

2). Dominant Species compared by number of individuals was *Engrautis japonica* (HOUTTUYN), the eggs have in 72.2% and the larvea in 74.3% of collected total number. Second Species were *Gonorhvnchus abbreviatus* TEMM. et SCHL.) on larvae (in 9.2%) and *Etrumeus micropus* (TEMM. et SCHL.) on eggs (in 6.3%).

3). As considering seasonal variation of fish eggs and larvae occured in Nansei Regional waters, five type were divided as follows:

Type A: This type occured period of Autumn to Spring with appearance peak in winter [typical species: *Sardinops melanostica* (TEMM. et SCHL.), *Cololabis saira* (REVOORT).]

Type B: Occured all year round with one peak or two peak (typical species: *Engraulis japonica* (HOUTTUYN).

Type B: Occured from Spring to Summer (typical species: *Trachurus japonicus* (TEMM. et SCHL., *Scomber*).

Type B: Occured in Summer [typical species: *Auxis, Decapterus maruadsi* (TEMM. et SCHL.), *Oplegnathus fasciatus* (TEMM. et SCHL.)].

Type C: Generally occured in Autumn[(typical species: *Gonorhnchus abbreviatus* (TEMM. et SCHL.)].

* 昭和44年9月10日　受理　南西海区水産研究所業績13号。

近年、日本近海において採集される浮遊性魚卵・稚仔魚の分類同定がすゝみ、これらの魚卵・稚仔魚の分布生態などが次第に明らかにされてきた。魚卵・稚仔魚の発生初期の形態、とくに生活史に関する研究には内田（1941, '43）、水戸（1961a．b）などがあり、そのほか多くの研究者によって数多くの業績が発表されている。

また、魚卵・稚仔魚を主体にした時・空間的な分布生態や量的動態などに関する研究には、内田・道津（1958）、内田・ほか（1958）、今井（1956～'60）、水戸（1966）、千田（1962）などの対馬暖流水域や九州近海を中心にした報告があり、日本海側の水域については、深滝（1959）および沖山（1965）などによって明らかにされている。

また、太平洋側の黒潮流水域では、服部（1964）および松田〔(旧性・野村)（1959, '66)〕などの報告があり、黒潮下流の末端にあたる東北水域では、小達（1961～'67）の詳細な報告がある。

これらの研究成果や各研究機関の長期にわたる魚卵・稚仔魚の調査研究は、現今、日本近海の有用魚類の資源解析や漁況予測精度向上に主要な役割を果しつゝある。

筆者は、これまで本海区の外洋水域における有用魚類の再生産・補充機構に関する研究の中で、最も基礎となる魚卵・稚仔魚の分類同定、これらの魚卵・稚仔魚の分布生態や有用魚類の産卵・補充機構に関する研究を進めている。前報（松田・1966, 南海区水研・研究報告10号）においては、本海区のうち主として日向灘水域に出現する有用魚類卵・稚仔魚の出現状態（水温との関連など）や出現数の季節変化および経年変化を検討し、また、魚卵・稚仔魚採集方法の差違による表層びき丸稚A網と㊥ネット（口径60cm、側長 1.5m）垂直びき採集結果を比較検討して、魚卵・稚仔魚の採集効果について考察を行なった。

本報告では、これまで南西海区水産研究所外海資源部（1967年8月以前は南海区水研沿岸資源部）ならびに和歌山・徳島・高知・愛媛・大分・宮崎・鹿児島などの関係各県水産試験場・沿岸漁業指導所で実施した表層びき丸稚A網採集物について、主として筆者が分類同定した表層浮性魚卵・稚仔魚の資料によって南西海区の外洋水域に出現する魚卵・稚仔魚の種類と出現期ならびに出現数の季節変化によって、いくつか類型化を行なったので報告する。

報告に先立ち、この研究に着手した当初から種々御指導と御助言を戴いた九州大学名誉教授・内田恵太郎博士および前南西海区水研内海資源部第一研究室長・水戸　敏博士に御礼を申し上げる。

また、本研究を遂行する上で終始あたたかい御指導と有益な御助言を賜わり、かつ、本報告のご校閲を煩わした南西海区水研外海資源部長・浜部基次博士ならびに同部第一研究室長・浅見忠彦博士に深甚なる謝意を表する。

また、困難な海洋生物調査において資料収集に協力され、常に御助言をいただいた同部第一研究室の花岡藤雄技官、同部第二研究室長・工藤晋二技官および通山正弘技官の各氏に謝意を表する。

本研究を遂行する上で常に困難な現場の丸稚A網採集作業に従事された調査船こたか丸の乗組員の方々と和歌山、徳島、高知、愛媛、大分、宮崎、鹿児島の各県水産試験場・沿岸漁業指導所の産卵調査担当官や乗船調査員ならびに調査船の乗組員の方々に厚くお礼を申し上げる。

I　採集方法および資料

この報告で取り扱う魚卵・稚仔魚（幼魚を含む）の採集に使用した採集網の種類・構造および方法は、通称、丸稚A網と呼称される口径 1.3m、側長 4.5mで網地の前部（口枠に近い部分の3m）は綟子網、それより後部（採集物を集納する部分の 1.5m）はGG54番で網目の1辺の長さが 0.3mmの篩絹からなる円錐形の採集網で、これを船首部側方において所定の観測点で海の表層を約2ノットの速度で5分間水平にえい航して採集した。

採集海域は第1図に示すように南西海区の外洋水域が主体で、こゝで用いた資料の採集域と実施機関および調査船名は次のとおりである。

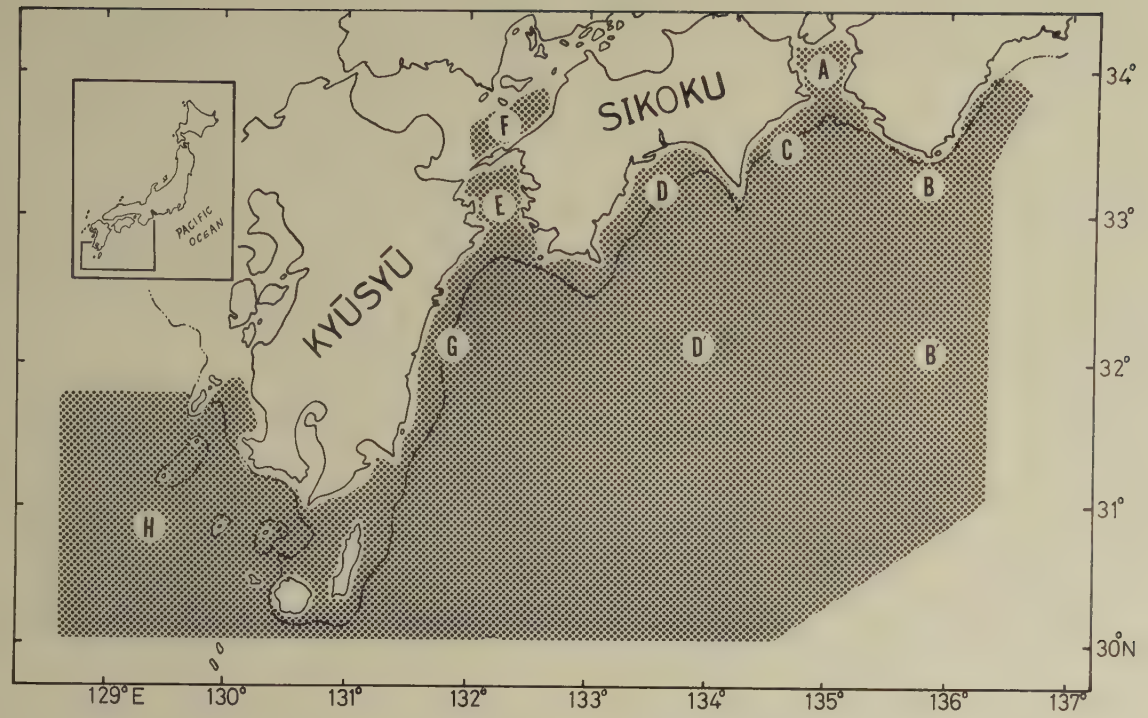


Fig. 1

Index map for areal division and localities collected stations by Maruchi — net in Nansei Regional waters.

A : Kii Suido
B : Kinan
B′ : South off Shionomisaki
C : Coast of Kaifu
D : Tosa Wan
D′ : South off Shikoku
E : Bungo Suido
F : Iyo Nada
G : Hyuga — Nada
G′ : South — East off Kyushu
H : Satunan Area

A・C：紀伊水道および海部沿岸（徳島県水試・調査船とくしま）、B・B′：紀南沿岸および沖合（和歌山県水試・調査船きい）、D・D′：土佐湾および足摺崎沖合（高知県水試・調査船とさ・あしずり）、E・F：豊後水道および伊予灘（愛媛県水試・調査船予州丸）、G：日向灘（宮崎県沿指・調査船たちばなおよび南海水研（昭和42年8月以降は南西水研・調査船こたか丸）、G′：都井岬沖合（宮崎県沿指・調査船たちばな）、H：薩南海域（鹿児島県水試・調査船照南丸）などである。

また、取り扱った資料は、関係各県水産試験場が1966年4月から1968年3月までの期間に、前述した各海域（A～H）で実施した 1,703点（第1表）と当水研外海資源部（1967年以前は南海区水研沿岸資源部）が1954年1月から1963年12月までの約10年間に、日向灘（G）を中心に実施した 4,931点（第2表）の総計 6,634点の表層びき稚魚網採集物について、主として当水研外海資源部で同定しえた魚卵・稚仔魚（幼魚を含む）などである。

Table 1.

Number of collecting station for Maruchi－net by locality and month, in 1966－1968.

年	月	海域	紀伊水道域（A）	紀南沿海域（B・B′）	海部沿海域（C）	土佐沖（D・D′）	豊後水道域（E）	伊予灘（F）	日向灘（G・G′）	薩南海域（H）	計
1966	4					29			0		29
	5					0			23		23
	6		2		3	0			31		36
	7		2		3	30			23		58
	8		2		3	30			31	37	103
	9		2		3	30			23	35	93
	10		1		3	51			31	31	117
	11		1		3	51			23	36	114
	12		2		1	16			31	36	86
1967	1		1		3	0			23	16	43
	2		0		3	30			23	25	81
	3		2		2	51			31	24	110
	4		0		3	0			31	0	34
	5		0	8	3	44			22	0	77
	6		2	0	3	30			31	21	87
	7		1	8	1	30	6	6	23	19	94
	8		2	8	3	20	6	6	8	16	69
	9		0	8	3	29	6	6	23		75
	10		2	0	3	23	6	5	31		70
	11		0	5	3	28	6	5	46		93
	12		1	8	8	0	3	3	31		54
1968	1		2	0	2	0	5	4	29		42
	2		2	7	3	6	1	2	17		38
	3		2	0	3	29	6	6	31		77
計			29	52	65	557	45	43	616	296	1,703

Table 2.

Number of collecting station for Maruchi－net in Hyuga Nada by month, 1954－1963.

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1954	39	42	42	39	39	39	42	39	39	39	39	39	477
1955	41	42	40	39	39	39	39	39	39	39	35	42	473
1956	42	42	40	42	42	42	24	42	42	42	42	42	484
1957	42	42	42	42	42	42	41	42	42	42	42	30	491
1958	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	504
1959	42	42	42	42	41	42	41	42	42	42	39	42	499
1960	42	42	41	40	42	42	42	40	23	22	42	42	460
1961	42	42	41	43	43	43	43	43	43	43	43	43	512
1962	43	43	42	43	43	43	43	43	43	43	43	43	515
1963	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	516
計	418	422	415	415	416	417	400	415	398	397	410	408	4,931

これらの魚卵・稚仔魚の種の同定は、主として内田・ほか（1958）、水戸（1961a・b，1966），松原（1955）および内田・ほか（1957）によった。また、出現した魚卵・稚仔魚の魚種和名および記載の順序は松原（1955）によったが、トビウオ科 Exocoetidae の一部のものについては、今井（1959、1960）の幼稚魚分類にしたがった。

II　出現種類と出現期

表層びき丸稚A網によって採集された魚卵・稚仔魚（幼魚を含む）のうち判明した種類数は、科、属の段階までを含めて86科 176種類（魚卵43科51種類、稚仔魚84科 174種類）である。

これらの出現種名とその出現時期ならびに周年を通じてみた出現頻度を第4図に、また、出現個体数を魚種別、月別に整理して附表にそれぞれ示した。

また、同定した科、属のうちには、種類の判明できなかったものも2～3種があり、このほかの種名不詳のものも加えると南西海区の外洋水域に出現する種類数は今よりも更に増加する。

南西海区の外洋水域に出現した表層性魚卵・稚仔魚（幼魚を含む）で出現個体数の多い魚種を上位40種まで示したのが、第3a・b表である。これらの表から本海区の外洋水域で表層に出現する魚卵・稚仔魚の一般的な順位が明らかである。魚卵で出現数の最も多いのは、カタクチイワシで判明した魚種の全出現個体数の72.2%を占める。次いでウルメイワシ（6.3%）、クロダイ(5.0%)、チダイ（3.1%）、サバ類（1.5%）、マイワシ（1.4%）、ヒメジ（1.2%）、メジナ（1.2%）、ソウダカツオ類（1.0%）およびマアジ（0.7%）など上位10種で93.6%を占める。また、稚仔魚では、カタクチイワシが最も多く74.3%を占め次いでネズミギス（9.2%）、ヒメジ類（主としてヒメジ 2.7%）、サンマ（1.4%）、サギフエ（1.3%）マイワシ（1 3%）、シマイサキ（1.0%）、タカノハダイ（1.0%）、カワハギ類（主としてカワハギ0.7%）、マアジ（0.5%）など上位10種で93.4%が採集されている。

以上述べた出現種類のうちでは、日本近海を主生息域としているカタクチイワシをはじめとして、南方高温系魚類のマアジ、ウルメイワシ、ネズミギスなどがあり、また、北方低温系魚類のマイワシ、サンマなどの本邦近海における主要魚種の卵・稚仔魚が殆んど含まれ、さらにヒメジやネズミギスのように成魚期に底層に生息する魚種もある。これらが本海区の外洋水域に出現する表層性魚卵・稚仔魚の代表種である。こ

Table 3

Number of individuals and frequency of fish eggs and larvae occured in Nansei Regional waters by appearance order.

a. Eggs (April 1966 to March 1968)

	Japanese name	Scientific name	Number of Individuals	Percentage (%)
1	カタクチイワシ	*Engraulis japonica* (HOUTTUYN)	192,764	72.2
2	ウルメイワシ	*Etrumeus micropus* (TEMM. et SCHL.)	15,961	6.3
3	クロダイ	*Mylio macrocephalus* (BASILEWSKY)	13,176	5.0
4	チダイ	*Evynnis japonica* TANAKA	7,816	3.1
5	サバ属	*Scomber* spp.	4,106	1.5
6	マイワシ	*Sardinops melanosticta* (TEMM. et SCHL.)	3,770	1.4
7	ヒメジ	*Upeneus bensasi* (TEMM. et SCHL.)	3,338	1.2
8	メジナ	*Girella punctata* GRAY	3,335	1.2
9	ソウダカツオ属	*Auxis* sp.	2,654	1.0
10	マアジ	*Trachurus japonicus* (TEMM. et SCHL.)	1,995	0.7
11	ベラ科	Labridae gen. spp.	1,510	0.5
12	アナゴ科	Congridae gen. spp.	1,072	0.3
13	シマイサキ?	*Therapon oxyrhynchus* (TEMM. et SCHL.)?	897	0.3
14	キス	*Sillago sihama* (FORSKÅL)	775	0.3
15	ウミヘビ科	Ophichthidae gen. spp.	745	0.2
16	トカゲエソ	*Saurida elongata* (TEMM. et SCHL.)	716	
17	ハダカイワシ科	Myctophidae gen. sp.	681	
18	シイラ	*Coryphaena hippurus* LINNÉ	661	
19	エソ科	Synodontidae gen. spp.	607	
20	ワニギス	*Champsodon snyderi* FRANZ	537	
21	フグ科	Tetraodontidae gen. spp.	530	
22	ウナギ亜目	Anguillina spp.	529	
23	イシダイ	*Oplegnathus fasciatus* (TEMM. et SCHL.)	529	
24	ウシノシタ科	Cynoglossidae gen. spp.	526	
25	ムロアジ属(マルアジ)?	*Decapterus* sp. sp.	504	
26	ネズッポ属	*Callionymus* spp.	500	
27	タカノハダイ	*Goniistius zonatus* (CUVI. et VALEN.)	498	
28	アカヤガラ	*Fistularia petimba* LACÉPÈDE	416	
29	キュウリエソ	*Maurolicus japonicus* ISHIKAWA	339	
30	タチウオ	*Trichiurus lepturus* LINNÉ	316	
31	ホウボウ	*Chelidonichthys kumu* (LESSON et GARNOT)	252	
32	フリソデウオ属	*Trachipterus* spp.	238	
33	アイゴ	*Siganus fuscescens* (HOUTTUYN)	162	
34	ブダイ科	Scaridae gen. sp.	128	
35	コノシロ	*Konosirus punctatus* (TEMM. et SCHL.)	96	
36	サンマ	*Cololabis saira* (BREVOORT)	59	
37	サヨリトビウオ属	*Oxyporhamphus* sp.	59	
38	ミシマオコゼ科	Uranoscopidae gen. sp.	44	
39	イサキ	*Parapristipoma trilineatum* (THUNBERG)	35	
40	トビウオ科	Exocoetidae gen. spp.	34	
	その他6種類		44	
	総計		262,954	

b. Larvae (January 1954 to March 1968)

	Japanese name	Scientific name	Number of Individuals	Percentage (%)
1	カタクチイワシ	*Engraulis japonica* (HOUTTUYN)	162,874	74.3
2	ネズミギス	*Gonorhynchus abbreviatus* (TEMM. et SCHL.)	20,641	9.2
3	ヒメジ属	*Upeneus* spp.	5,835	2.7
4	サンマ	*Cololabis saira* (BREVOORT)	3,003	1.4
5	サギフエ	*Macrorhamphosus scolopax* (LINNÉ)	2,881	1.3
6	マイワシ	*Sardinops melanosticta* (TEMM. et SCHL.)	2,808	1.3
7	シマイサキ	*Therapon oxyrhynchus* (TEMM. et SCHL.)	2,222	1.3
8	タカノハダイ	*Goniistius zonatus* (CUVI. et VALEN.)	2,154	1.0
9	カワハギ科	Aluteridae gen. spp.	1,543	1.0
10	マアジ	*Trachurus japonicus* (TEMM. et SCHL.)	1,214	0.7
11	ハダカイワシ科	Myctophidae gen. spp.	1,149	0.5
12	メジナ	*Girella punctata* GRAY	1,006	0.5
13	トビウオ科	Exocoetidae gen. spp.	846	0.4
14	サバ属	*Scomber* spp.	845	0.3
15	キス	*Sillago sihama* (FORSKÅL)	778	0.3
16	ブリ	*Seriola quinqueradiata* TEMM. et SCHL.	652	0.3
17	ボラ	*Mugil cephalus* LINNÉ	453	
18	オヤビッチャ	*Abudefduf vaigiensis* (QUOY et GAIMARD)	363	
19	ニジギンポ	*Dasson trossulus* (JORDAN et SNYDER)	363	
20	テンジクイサギ	*Kyphosus cinerascens* (FORSKÅL)	358	
21	フグ科	Tetraodontidae gen. spp.	345	
22	ウルメイワシ	*Etrumeus micropus* (TEMM. et SCHL.)	338	
23	エソ科	Synodontidae gen. spp.	327	
24	イソギンポ	*Blennius yatabei* JORDAN et SNYDER	294	
25	アナゴ科	Congridae gen. spp.	226	
26	イソギンポ科	Blenniidae gen. spp.	224	
27	キュウリエソ	*Maurolicus japonicus* ISHIKAWA	219	
28	サヨリ	*Hemiramphus sajori* (TEMM. et SCHL.)	216	
29	カンパチ	*Seriola purpurascens* TEMM. et SCHL.	196	
30	カマス属	*Sphyraena* spp.	183	
31	メバル属	*Sebastes* spp.	176	
32	シイラ	*Coryphaena hippurus* LINNÉ	175	
33	スズメダイ	*Chromis notatus* (TEMM. et SCHL.)	153	
34	クロダイ	*Mylio macrocephalus* (BASILEWSKY)	147	
35	イカナゴ	*Ammodytes personatus* GIRARD	147	
36	ソウダカツオ属	*Auxis* sp.	146	
37	アイゴ	*Siganus fuscescens* (HOUTTUYN)	104	
38	クロサギ属	*Gerres* spp.	112	
39	ムロアジ属（マルアジ）	*Decapterus* sp.	84	
40	タカベ	*Labracoglossa argentiventris* PETERS	81	
	その他92種類		1,247	0.5
	総計		217,132	

のように本海区の外洋水域に出現する表層性魚卵・稚仔魚には、成魚期以後の生息域が水平的にも垂直的にも多方面にわたる魚種を数多く含んでいる。

これらの代表種を含めた各出現魚卵・稚仔魚の出現期の概観を亜目ごとに整理して述べると次のとおりである。

1. ニシン亜目Clupeina

本亜目にはコノシロ科Dorosomatidae、ウルメイワシ科Dussumieridae、ニシン科Clupeidae カタクチイワシ科Engraulidae、オキイワシ科Chirocentridaeおよびセキトリイワシ科Alepocephalidaeなどの魚類が含まれる。

このうちで卵・稚仔魚が出現する種類およびその時期は、コノシロ科のコノシロ*Konosirus punctatus*（TEMM. et SCHL.）が6～8月で、卵の出現期は6月に中心があり全出現個数（年間を通じて）の約70%を6月で占める。稚仔魚は6～8月に出現する。コノシロ卵はマイワシ*Sardinops melanosticta*（TEMM. etSCHL.）卵によく似ており、卵径の範囲も広く 1.2～ 1.6mm、油球は1個で卵膜腔が著しく広いのがこの種の卵の特徴である。

ウルメイワシ科のウルメイワシ*Etrumeus micropus*（TEMM. et SCHL.）卵・稚仔魚は8月から翌年の6月の長期間にわたって外洋水域の各沿岸に出現する。卵出現のピークは2回あり、10～11月に全出現個体数（年間を通じて）の約30%を、3～4月には約50%を占める。稚仔魚は11～12月に全出現個体数（年間を通じて）の95%が出現する。

ニシン科のマイワシ*Sardinops melanosticta*（TEMM. et SCHL） 卵・稚仔魚の出現期は10月から翌年5月で、近年土佐沖を中心に、その周辺沿岸域での出現が顕著である。

本種の卵・稚仔魚の出現期のピークはともに2～4月にあり、全出現個体数（年間を通じて）の約90%をこの時期で占める。

マイワシの卵径は 1.3mmの前後で、コノシロ卵にくらべて卵黄がやゝ大きいことと、卵黄のきれつがコノシロ卵よりも細かいことなどが本種の卵の特徴としてあげられる。

カタクチイワシ科のカタクチイワシ*Englaulis japonica*（HOUTTUYN ）卵・稚仔魚は周年にわたって出現する。外洋水域での出現範囲は広く、距岸100浬付近に及ぶ。

卵は5～8月で全出現個体数（年間を通じて）の約80%を占め、この時期の月平均の出現頻度をみるとそれぞれ20%前後を占めている。稚仔魚は6～8月と11月の出現が顕著であり、前者で全出現個体数（年間を通じて）の約半数を、後者で16%を占めている。

本種の卵は分離浮性卵でだ円形を呈している。卵径は長径 1.4～ 1.6mm、短径 0.6～ 0.7mmで、卵黄はほとんど無色透明でほうまつ状をしていて油球がない。

2. ネズミギス亜目 Gonorhynchina

本亜目はネズミギス科Gonorhynchidae 1科1属1種である。本種は熱帯性の魚で成魚はおもに北西太平洋亜熱帯水域の深海に生息している。しかし、ネズミギス*Gonorhynchus abbreviatus*（TEMM. et SCHL.）の稚仔魚（卵は未確認）はシラス型で、カタクチイワシやウルメイワシに酷似していて表層生活をおくり、太平洋側では台湾近海から東北海域まで採集されている。

本海区の外洋水域での稚仔魚の出現期は7～12月で、おもに8月以降に出現する。この種の稚仔魚の出現個体数は比較的多く、本海区の外洋水域に出現する稚仔魚のうちでは最も多く出現するカタクチイワシ（全採集数（年間を通じて）の74.3%を占める）に次いで多い（同じく9.2%）.

3. サケ亜目 Salmonina

本亜目にはコクチマス科Coregonidae、サケ科Salmonidae、カワヒメマス科Thymallidae、アユ科Plecoglossidae、キユウリウオ科Osmeridaeおよびシラウオ科Salangidaeなどの種類が含まれるが、このうち出現する種類はアユ科のアユ*Plecoglossus altivelis* TEMM. et SCHL 稚仔魚の

みがみられており、11～1月に出現する。本海区の外洋水域ではおもに大きな河川を有する土佐湾、延岡沖宮崎沖などのごく沿岸の河口附近に出現する。

4. ワニトカゲギス亜目 Stomiatina

本亜目にはヨコエソ科Gonostomatidae、ムネエソ科Sternoptychidae、ホウライエソ科Chauliodontidae、ワニトカゲギス科Stomiatidae、トカゲハダカ科Astronesthidae、ミツマタヤリウオ科Idiacanthidae およびホテイエソ科Melanostomiatidaeなどの種類があり、多くの魚類は深海性であぶらびれと発光器を有する。

本亜目で採集されたものはほとんど幼・稚魚で、その種類と時期は、ヨコエソ科のヨコエソ *Gonosloma gracile* (GÜNTHER) が5～7月、オニハダカ *Cyclothone microdon* (GÜNTHER) が5月、ギンハダカ属 *Yarrella* (3型) が2～3月、ワニトカゲギス科のワニトカゲ *Stomias affinis* GÜNTHERが1月、トカゲハダカ科のトカゲハダカ属 *Astronesthes* (3型) が3月と8月にそれぞれ出現している。ミツマタヤリウオ科のミツマタヤリウオ *Idiacanthus Panamensis* TREWAVAS が3月と6月にみられる。

卵は以上述べた種類のうち、ヨコエソ科のキユウリエソ *Maurolicus japonicus* ISHIKAWA 卵が同定されるのみでその出現期は1～4月である。この種の卵径は 1.3～ 1.8㎜、油球は1個で卵の表面に金平糖状のゼラチン質卵膜を有しているので容易に区別できる。

5. ハダカイワシ亜目 Myclophina

本亜目にはヒメ科Aulopodidae、アオメエソ科Chlorophthalmidae、エソ科Synodontidae、ミズテング科Harpodontidae、イトヒキイワシ科Bathypteridae およびハダカイワシ科Myctophidae などの多くの深海性魚類が含まれ、ワニトカゲギス亜目魚類と同じようにあぶらびれあるいは発光器を有するものが多い。また、出現したものはシラス形をした稚仔魚から幼魚（まれに成魚に近いもの）と各発育段階にわたっている。

出現種類と時期は、エソ科のオキエソ *Trachinocephalus myops* (SCHNEIDER) 稚魚が5月から翌年2月、ワニエソ *Saurida lumbil* (BLOCH) 卵・稚仔魚が5～12月、トカゲエソ *Saurida elongata* (TEMM.et SCHL) 卵が5～9月である。これらのほかにエソ科の卵・稚仔魚で属種不詳の3型がみられ、卵は周年に近い出現をするが、稚仔魚は7～12月に出現する。

ハダカイワシ科魚類ではドングリハダカ属 *Hygophum*、イタハダカ *Diagenichthys laternatus* (GARMAN)、ナガハダカ *Myctophum coliforniense* EIGE.et EIGE.、ススキハダカ *Myctophum affine* (LÜTKEN)、イバラハダカ *Myctophum spinosum* (STEINDACHNER)、ウスハダカ *Myctophum orientale* (GILBERT)、ブタハダカ *Centrobranchus nigro-ocellatus* (GÜNTHER) およびハダカイワシ属 *Diaphus* 2型と属種不明の卵およびシラス形稚仔魚の数種が採集されており、その出現時期は夏季と秋・冬季である。

6. ウナギ亜目 Anguillna

本亜目にはウナギ科Anguillidae、コンゴウアナゴ科Simenchelyidae、ホラアナゴ科Synaphobranchidae、アナゴ科Congridae、ハモ科Muraenesocidae、クズアナゴ科Nettastomidae、ウミヘビ科Ophichthidae、ガイセンウミヘビ科Moringuidae、メクラアナゴ科Dysommidae、およびウツボ科Muraenidae など体が延長形で無鱗あるいは皮中に埋没する微小円鱗を有する魚類が含まれる。

本亜目で出現した卵およびLeptocephalus 型稚魚の種類は、アナゴ科のギンアナゴ *Rhynchocymba nystromi nystromi* (JORDAN et SNYDER)、アナゴ科の属種不明の5型とウミヘビ科に属する属種不明の3型ならびにウナギ亜目の段階までしか同定しえなかった3型がある。

これらの出現する時期は、アナゴ科魚類卵およびLeptocephalus 型稚魚は周年にわたって出現するがとくに出現が顕著な時期は卵が夏季と冬季、Leptocephalus 型稚魚が冬季である。

ウミヘビ科魚類卵はアナゴ科魚類と同様、周年出現し、Leptocephalus 型稚魚は主に秋・冬季に出現する。

7. ダツ亜目 Belonina

本亜目にはダツ科Belonidae とサンマ科Scombresocidaeがあるが、このうちで本海区の外洋水域に出現するのはサンマ科のサンマ*Cololabis saira* (BREVOORT) 卵・稚仔魚で全域に亘ってみられる。出現時期は卵が11月から翌年の5月、稚仔魚は11月から翌年の6月まで出現し、ともに12月から翌年2月までが出現盛期で、この時期の採集数は全出現個数(年間を通じて)の約80%を占める。

8. トビウオ亜目 Exocoetina

本亜目にはサヨリ科Hemiramphidae、サヨリトビウオ科Oxyporhamphidae およびトビウオ科Exocoetidae などがあり、下顎の突出・延長したものや胸鰭及び腹鰭が著しく発達した結果二翼あるいは四翼を持った体制で空中飛行を行なう種類が含まれる。南西海区の外洋水域には以上の各科に属する魚種の卵および稚仔魚が出現する。

サヨリ科のサヨリ *Hemiramphus sajori* (TEMM.et SCHL.) およびサヨリトビウオ科のサヨリトビウオ*Oxyporhamphus micropterus* (CUVIER et VALENCIENNES) の卵・稚仔魚はともに春～夏季に、トビウオ科のバショウトビウオ*Parexocoetus mento mento* (VALENCIENNES)、ツクシトビウオ*Cypselurus heterurus döderleini* (STEINDACHNER)、ホソトビ*Cypselurus opisthopus hiraii* ABE、アリアケトビウオ*Cypselurus starksi* ABE、アヤトビウオ*Cypselurus poecilopterus*(CUVIER et VALENCIENNES)、トビウオ *Prognichthys agoo* (TEMM. et SCHL.)、ダルマトビ*Prognichthys seali* ABEおよびホソトビ*Hirundichthys oxycephalus* (BLEEKER) などのトビウオ類は春～冬季にわたって出現する。なかでも夏季における出現種類が多い。以上述べた種類のほかに属種を判別できなかった卵・稚仔魚も2～3種類出現する。

9. ヘラヤガラ亜目 Aulostomina

本亜目にはヘラヤガラ科Aulostomidae、ヤガラ科Fistulariidae、サギフエ科Macrorhamphosidae、およびヘコアユ科Centriscidae など亜熱帯性の魚で、吻が管状に延長した種類が多い。これらのうち南西海区の外洋水域に出現する種類は、ヤガラ科のアカヤガラ *Fistularia petimba* LACÉPÈDE卵・稚仔魚が夏季に、サギフエ科のサギフエ*Macrorhamphosus scolopax* (LINNÉ) 稚仔魚は比較的低温期の冬～春季に多く出現する。サギフエの稚仔魚は本海区の外洋水域の出現魚種のうちでは採集個体数は多い部類に属する。

10. ヨウジウオ亜目 Syngnathina

本亜目にはカミソリウオ科Solenostomidae およびヨウジウオ科Syngnathidae があり、吻および体が管状を呈しているものが多い。本海区の外洋水域に出現する種類は、ヨウジウオ科のイツセンヨウジ*Coelonotus liaspis* (BLEEKER)、ヨウジウオSyngnathus schlegeli KAUP およびヨウジウオ科の属種不明の3型があるが、いずれも夏～冬季に出現し、採集数は少ない。

11. キンメダイ目 Berycida

本目にはキンメダイ科Berycidae、ヒウチダイ科Trachichthyidae、ナカムラギンメダイ科Diretmidae、イットウダイ科Holocentridae、ギンメダイ科Polymixiidae、ヤエギス科Caristiidae、ヒカリギンメダイ科Anomalopidae およびマツカサウオ科Monocentridae などの魚類が含まれる。この目のうちで出現する種類は、イットウダイ科のリンキクティスRhynchichthys と呼称されるイットウダイHolocentrus spinosissimus TEMM. et SCHL.稚仔魚およびこの種に近縁な属種

不明のリンキクティス稚仔魚（２型）がある。

これらの出現する時期は６～９月で、主に８月に出現する。

12. フリソデウオ亜目 Trachipterina

本亜目にはフリソデウオ科Trachipteridae、リユウグウノツカイ科Regaleidaeおよびアカナマダ科Lophotidaeなどの魚類があり、このうちで出現する種類は、フリソデウオ科のフリソデウオ属*Trachiplerus*の１種である。この種の卵径は 1.9～ 2.2㎜で油球を有しないやゝ大きい卵である。また稚仔魚は長い背・服鰭条を有しており、本海区の外洋水域には５月から11月に出現するが、稚仔魚の採集数は卵にくらべて少ない。

13. ボラ亜目 Mugilina

本亜目にはトウゴロウイワシ科Atherinidae、ボラ科Mugilidaeおよびカマス科Sphyraenidaeなどがあり、このうちで出現した種類は、トウゴロウイワシ科のトウゴロウイワシ*Allanetta bleekeri*（GÜNTHER）、ムギイワシ*Atherion elymus* JORDAN et STARKS、ボラ科のボラ*Mugil cephalus* LINNÉおよびその近縁種、カマス科のアカカマス *Sphyraena pinguis* GÜNTHER およびその近縁種がある。

トウゴロウイワシ科魚類の稚仔魚は７～11月に出現し、ボラ科魚類のボラ稚仔魚は10月から翌年の３月、その近縁種の稚仔魚は６～９月に出現する。この近縁種の稚仔魚は成魚の産卵期から推察してセスジボラ *Liza carinata*（CUVIER et VALENCIENNES） の可能性もあるが、こゝではボラ科に入れておいた。カマス科魚類の稚仔魚は４～10月に出現する。

14. サバ亜目 Scombrina

本亜目にはサバ科Scombridae、マカジキ科Histiophoridae、メカジキ科Xiphiidae、クロタチカマス科Acinaceidae、タチモドキ科Lepidopidae、タチウオ科Trichiuridae、シイラ科Coryphaenidae、アマシイラ科Luvaridae、シマガツオ科Lepidotidae、ベンテンウオ科Pteracliidaeおよびハタアジ科Elephenoridaeなどがあり、このうちの多くの魚類は回遊性で、しかも尾柄がやせ形で強硬な尾鰭を備える。また、出現した卵・稚仔魚および出現期は、サバ科のカツオ *Katsuwonus pelamis*（LINNÉ） 稚仔魚が９～12月、ゾウダカツオ属 *Auxis* の卵・稚仔魚が６～９月、ゴマサバ *Scomber tapeinocephalus* PLEEKER卵・稚仔魚が１～５月、マサバ *Scomber japonicus* HOUTTUYN卵・稚仔魚が５～７月である。

マカジキ科のバショウカジキ *Histiophorus orientalis*（TEMM. et SCHL.）稚仔魚が７～10月で、主に８月に出現するが採集数は少ない。

クロタチカマス科魚類で属種不明の稚仔魚は比較的低温期の10月から翌年３月にわたって出現する。

タチウオ科のタチウオ*Trichiurus lepturus* LINNÉ卵・稚仔魚は５月から翌年３月まで長期にわたって出現するが、卵の出現には７～８月と11月にピークがみられる。稚仔魚は７～８に主として出現する。

シイラ科のエビスシイラ *Coryphaena equisetis* LINNÉ 稚魚は８～11月、シイラ *Coryphaena hippurus* LINNÉ 卵は主に５～８月、稚仔魚は周年にわたって出現するが、６～８月の時期にシイラ稚仔魚の全出現個体数（年間を通じて）の約80%を占める。

15. アジ亜目 Carangina

本亜目にはアジ科Carangidae、クロアジモドキ科Formiidae、ヒイラギ科Leiognathidae、アクタウオ科Lactariidae、ギンカガミ科Menidae、およびスギ科Rachycentridae などが属する。

これらのうちで出現した卵・稚仔魚とその出現期は、アジ科のムロアジ*Decapterus muroadsi*（TEMM et SCHL.）稚仔魚が１～４月、ムロアジ属*Decapterus* の１種（マルアジ*Decapterus maruadsi*（T－

EMM. et SCHL.）？）の卵・稚仔魚が6～11月で、卵・稚仔魚とも7～8月に全出現個体数（年間を通じて）の約80%が出現する。

マアジTrachurus japonicus（TEMM.et SCHL.）卵は1～6月で、主に2～4月に出現し、全出現個体数（年間を通じて）の約90%をこの時期で占める。稚仔魚は1～9月に出現し、2～3月で全出現個体数（年間を通じて）の約30%、5～6月で約60%を占め、この種の稚仔魚は春季に多く出現することを示している。

カイワリ属 *Caranx*の稚仔魚は4～8月にまれに出現するにすぎない。ヒラマサ*Seriola aureovittata* TEMM. et SCHL.稚仔魚は5～6月にまれに出現する。この種の稚仔魚はブリおよびカンパチなどによく似ているが、頭と体は尾端部を除いて黒色胞が密であり、また背鰭条に出現する黒色素胞がブリおよびカンパチ稚仔魚の黒色素胞群と異なって、第2背鰭と臀鰭の基底外縁に沿って黒色素胞列帯となって現われているので容易に区別できる。

ブリ*Seriola quikqueradiata* TEMM. et SCHL.卵は2～5月、稚仔魚は3～7月に出現する。この魚の稚仔魚は4～5月ごろ流れ藻に付いて生活をおくっているが、この時期に全出現個体数（年間を通じて）の90%以上が採集される。

カンパチSeriola purpurascens TEMM. et SCHL.稚仔魚は出現期が長く、ブリ稚仔魚と同時期に出現して10月頃まで見られる。この種の出現盛期は夏季で、この時期に全出現個体数（年間を通じて）の約60%が採集される。

アイブリ*Seriolina intermedia*（TEMM. et SCHL.）およびブリモドキ *Naucrates indicus* CUVIER et VALENCIENNES 稚魚は6～8月に出現するが、出現個体数は少なく、周年を通じていづれも1～2尾程度である。

ヒイラギ科魚類の稚仔魚は8～9月に、ごく沿岸域で出現するが採集個体数はきわめて少ない。

16. イボダイ亜目 Stromateina

本亜目にはウロコイボダイ科Tetragonuridae、タカベ科Labracoglossidae、イボダイ科Stromateidae、エボシダイ科Nomeidae およびマナガツオ科Pampidae などがあり、これらのうちで出現する種類とその時期は、タカベ科のタカベ*Labracoglossa argentiventris* PETERS 稚仔魚が10月から翌年2月、イボダイ科のイボダイ*Psenopsis anomala*（TEMM et SCHL.）稚魚が7～8月、エボシダイ科のハナビラウオ*Icticus pellucidus*（LÜTKEN）、エボシダイ*Nomeus albula*（MENSCHEN）稚仔魚および近縁種の稚魚がともに5～9月に出現する。以上述べた種類でタカベを除く他の稚仔魚はクラゲの1種であるカツオノエボシ*Physalia Physalis utriculus* LA MARTINIERE とともに共生しているのか、同時に採集されることが多い。

17. スズキ亜目 Percina

本亜目にはハタンポ科Pempheridae、ハタハタ科Trichodontidae、イシダイ科Oplegnathidae ヒメジ科Mullidae、アカタチ科Cepolidae、アマダイ科Branchiostegidae、キツネアマダイ科Malacanthidae、テンジクダイ科Apogonidae、マツダイ科Lobotidae、チビキ科Emmelichthyidae、キントキダイ科Priacanthidae、ユゴイ科Kuhliidae、ホタルジャコ科Acropomidae、ムツ科Pomatomidae、カワビシャ科Histiopteridae、クロマス科Centrarchidae、スズキ科Serranidae、タナバタウオ科Plesiopidae、トゲタナバタウオ科Acanthoclinidae、メギス科Pseudochromidae、トゲメギス科Pseudogrammidae、ニベ科Sciaenidae、キス科Sillaginidae、メジナ科Girellidae、イスズミ科Kyphosidae、タカサゴイシモチ科Ambassidae、クロサギ科Gerridae、タイ科Sparidae、フエフキダイ科Lethrinidae、フエダイ科Lutjanidae、チョウセンバカマ科Banjosidae、イシフエダイ科Aphareidae、イトヨリダイ科Nemipteridae、メイチダイ科Pentapodidae、タカサゴ科Caesionidae、イサキ科Pomadasyidae、シマイサキ科

Theraponidae、ゴンベイ科Cirrhitidaeおよびタカノハダイ科Aplodactylidaeなどがある。これらの大部分の幼・成魚は岩礁および砂泥底を主生息域としているが、卵および稚仔魚時代には反対に表層生活をおくるものが多い。

本海区の外洋水域にもこの種類の卵および稚仔魚が多種類出現する。

ハタンポ科のハタンポ *Pempheris japonicus* DÖDERLEIN稚仔魚が8～10月、イシダイ科のイシダイ *Oplegnathus fasciatus* (TEMM. et SCHL.) 卵・稚仔魚が5～8で、その出現盛期は7～8月である。イシガキダイ *Oplegnathus punctatus* (TEMM. et SCHL.) 稚仔魚は4～6月に流れ藻に付逗しており、流れ藻とともに採集される場合が多い。ヒメジ科のヒメジ *Upeneus bensasi* (TEMM. et SCHL.) 卵・稚仔魚は3～12月に出現し、卵は6～7月が最も多く全出現個体数（年間を通じて）の約90%をこの時期で占める。また、稚仔魚がおもにみられるのは8～10月で、この時期に全出現個体数（年間を通じて）の約70%が採集される。アマダイ科のアカアマダイ *Branchiostegus japonicus* (HOUTTUYN) 稚仔魚が8月にまれに出現する。テンジクダイ科のテンジクダイ属Apogon稚仔魚は7～10月に、マツダイ科のマツダイ *Lobotes Surinamensis* (BLOCH) 稚仔魚は8～9月に出現するが、ともに採集数は希少である。ムツ科のムツ *Scombrops boops* (HOUTTUYN) 稚仔魚の出現期は11月から翌年の4月で、おもに2～3月に出現個体数が多い。スズキ科のスズキ *Lateolabrax japonicus* (CUVIER) およびハタ亜科Epinephelinaeに属する稚仔魚は10～12月に出現するが、スズキ稚仔魚の出現はまれである。キス科のキス *Sillago sihama* (FORSKÅL) 卵および稚仔魚の出現期は5～10月でその出現盛期は7～8月である。メジナ科のメジナ属 *Girella* 卵・稚仔魚は10月から翌年の6月頃まで出現し、11～12月に最も多く、この種の稚仔魚の出現個体数は本海区の外洋水域に出現する魚類のうちでは多い部類にはいる。イスズミ科のイスズミ *Kyphosus lembus* (CUVIER et VALENCIENNES) およびテンジクイサギ *Kyphosus cinerascens* (FORSKÅL) 稚仔魚は6～11月に出現し、おもに8～10月に多い。クロサギ科魚類の稚仔魚は6～10月の間で、おもに8月に出現する。タイ科のチダイ *Evynnis japonica* TANAKA稚仔魚は10月から翌年の3月の間で、おもに11～12月に出現する。クロダイ *Mylio macrocephalus* (BASILEWSKY) 卵・稚仔魚は5～8月の間に出現し、出現盛期は卵で6月、稚仔魚は6～7月である。マダイ *Chrysophrys major* TEMM. et SCHL.卵・稚仔魚は5～7月に出現するが個体数は卵・稚仔魚ともきわめて少ない。

フエダイ科の1種と思われ鰭の第2棘および腹鰭の棘が著しく延伸している稚仔魚が6～8月にまれに出現する。

シマイサキ科のシマイサキ *Therapon oxyrhynchus* TEMM. et SCHL.卵と思われる卵径 0.8～ 0.9㎜ 油球1個を有するものが6～8月に出現する。稚仔魚の出現期は6～11月の間で、8～9月が最も多く全出現個体数（年間を通じて）の約90%がこの時期に出現する。

タカノハダイ科のタカノハダイ *Goniistius zonatus* (CUVIER et VALENCIENNES) 卵・稚仔魚の出現期は10月から翌年の3月で、卵・稚仔魚とも11月から翌年の1月まで間が最も多く、この時期で全出現個体数（年間を通じて）の90%以上を占める。

18. ワニギス亜目 Trachinina

本亜目にはトラギス科Parapercidae、ホカケトラギス科Bembropidae、ベラギンポ科Trichonotidae、ソコアマダイ科Owstonidae、アゴアマダイ科Opisthognathidae、メダマウオ科Bathymasteridae、ワニギス科Champsodontidae およびクロボウズギス科Chiasmodontidaeなどがある。これらのうち、ワニギス科のワニギス *Champsodon snyderi* FRANZ 卵・稚仔魚は11月から翌年5月までの間に出現し、卵は4月を中心に、稚仔魚は11～12月を中心に出現する。今のところ本亜目の魚類のうちではワニギス以外には判明していない。

19. ミシマオコゼ亜目 Uranoscopina

本亜目にはミシマオコゼ科Uranoscopibae の1科5属があるが、この属のうちで出現するのはアオミシマ属のアオミシマ *Gnathagnus elongatus*（TEMM. et SCHL.）稚魚とその近縁種の2種類があり、9～12月に稀に出現する。卵は属種は判別し難いが本科に属すると思われる卵径 1.5～ 2.0mmで卵膜の全表面に微小亀甲模様のある油球（径 0.1mm以下のもの）多数を有するものが5～11月の間に出現する。この卵はあるいは水戸（1966）が報告しているミシマオコゼ *Uranoscopus japonicus* HOUTTUYN 卵の可能性も考えられるが、こゝでは科に入れておいた。

20. ネズッポ亜目 Callionymina

本亜目にはイナカヌメリ科Draconettidae、とネズッポ科Callionymidae が属し、このうちで本海区の外洋水域に出現するのはネズッポ科魚類の卵・稚仔魚で5～12月である。

21. イカナゴ亜目 Ammodytina

本亜目にはタイワンイカナゴ科Bleekeridae、イカナゴ科Ammodytidae およびシワイカナゴ科Hypoptychidae などが属し、このうち、イカナゴ科のイカナゴ *Ammodytes personatus* GIRARD 卵・稚仔魚が11～4月に、紀伊水道域、紀南沿岸域および海部沿岸域に出現する。しかしその出現数は内海域にくらべるときわめて少ない。

22. ギンポ亜目 Blenniina

本亜目にはヘビギンポ科Tripterygiidae、アサヒギンポ科Clinidae およびイソギンポ科Blenniidae などが属し、これらの魚類の大部分は幼・成魚期に潮だまりや海岸の干潮線付近または岩礁の間に生息しているが、稚仔魚期にはかなり沖合で表層生活をおくるもののようである。

イソギンポ科のイソギンポ *Blenniius yatabei* JORDAN et SNYDER稚仔魚が5～11月、ナベカ *Omobranchus elegans*（STEINDACHNER）稚仔魚が7～8月、ニジギンポ *Dasson trassulus*（JORDAN et SNYDER） 稚仔魚が4～12月に出現する。ニジギンポ以外にも本科に属する種名不詳の稚仔魚は数種類あるがこれらの出現はまれである。

23. アシロ亜目 Ophidiina

本亜目にはイタチウオ科Brotulidae、アシロ科Ophidiidae およびカクレウオ科Carapidae などがある。これらのうちで出現する魚類はイタチウオ科魚類で、6～7月と10～12月に日向灘および薩南海域でまれに出現する。

24. ハゼ亜目 Gobiina

本亜目にはカワアナゴ科Eleotridae、クモハゼ科Gobiidae およびワラスボ科Taenioididae などがあり、クモハゼ科のシロウオ *Leucopsarion petersi* HILGENDORF とクモハゼ科の属種不明の数種類が本海区の外洋水域に出現する。これらの出現時期は6～12月で、沖合域よりもむしろ沿岸域での出現が顕著である。

25. スズメダイ亜目 Pomacentrina

本亜目にはカワスズメ科Cichidae とスズメダイ科Pomacentridae があり、本海区外洋水域に出現する稚仔魚はほとんどスズメダイ科魚類に属するものである。出現時期はスズメダイ *Chromis notatus*（TEMM. et SCHL.）では8～11月（稀に5月）である。ソラスズメダイ *Pomacentrus colestis* JORDAN et STARKS は8～11月、オヤビッチャ *Abudefduf vaigiensis*（QUOY et GAIMARD）は5～12月で、夏～冬季にわたって出現する。これらのうちではオヤビッチャが最も多い。

26. ベラ亜目　Labrina

本亜目にはベラ科Labridaeとブダイ科Scaridaeが属し、本海区外洋水域にも両科に属する卵および稚仔魚は出現するが属種は未だ不明である。出現時期はベラ科魚類の卵で4～11月、稚仔魚が6～8月、および11～12月である。ブダイ科魚類の卵が5～7月にごく沿岸域で出現するが、この魚の卵はカタクチイワシ卵に酷似したや、紡錘形（長径 1.3～ 1.6mm、短径 0.5～ 0.6mm）で油球（径0.15～0.17mm）1個を有している。

カタクチイワシ卵とブダイ科に属する魚の卵の判別は油球の有・無によって容易に区別できる。また、カタクチイワシ卵が距臨岸 100浬付近まで採集されるのに対し、ブダイ科に属する魚の卵はごく沿岸域でのみ採集される。このことはこれらの成魚の生息領域を示唆しているといえよう。

27. チョウチョウウオ亜目　Chaelontina

本亜目にはヒメツバメウオ科Monodactylidae、テッポウウオ科Toxotidae、スダレダイ科Drepanidae、マンジュウダイ科Ephippidae、ツバメウオ科Platacidae、カゴカキダイ科Scorpididae、ヒシダイ科Antigoniidae、チョウチョウウオ科Chaetodontidae、クロホシマンジュウダイ科Scatophagidae、ツノダシ科Zanclidae およびニザダイ科Acanthuridae など多くの熱帯性の魚類が属する。

これらのうち本海区外洋水域に出現する稚仔魚の種類および時期は、カゴカキダイ科のカゴカキダイ *Microcanthus strigatus*（CUVI. et VALEN.）が7～12月、ヒシダイ科のヒシダイ *Microcanthus strigatus*（CUVI. et VALEN.）が8～10月、チョウチョウウオ科魚類のトリクチス期（Tholichthys stage）の稚魚が7月、ニザダイ科魚類のケリス期（Keris stage） 稚魚が6月で、これまでの採集場所は土佐沖、日向灘および薩南海域などである。

チョウチョウウオ科魚類の幼期にはトリクチス期と称される時期があり、この時期の幼・稚魚の形態は成魚と異なって頭部の骨格のある部分が異常に発達して骨板又は棘を有する（松原・1955）.本海区外洋水域にみられたものは頭部が骨板状を呈している。

ニザダイ科魚類の幼期にはケリス期とアクロヌルス期（Acronurus stage）があり、この時期の幼・稚魚の形態は成魚と異なり背鰭と臀鰭の前鰭（棘条）が著しく延長し、また、腹鰭は長い1棘で代表されている。これらの各棘はともに鋸歯を有している。

松原（1955）によるとアクロヌルス期はクロハギ属 *Acanthurus*、サザナミハギ属 *Ctenochaetus* およびヒレナガハギ属 *Zebrasoma* の幼期で、体にうろこがないことと体の表面に垂直方向に走る多数の平行細線がある。また、ケリス期はテングハギ属 *Naso* の幼期で、体は著しく高くかつ側扁し、顎から肛門にかけての外郭は急峻で、体に鱗があること、また、アクロヌルス期同様に体の皮膚に垂直細線が規則正しく並んでいることが特徴としてあげられている。本海区外洋水域にみられたのはケリス期のものでテングハギ属魚類の稚魚と思われる。

28. アイゴ亜目　Siganina

本亜目にはアイゴ科Siganidaeの1科1属13種が属するが、このうち、本海区外洋水域に出現する卵および稚仔魚はアイゴ *Siganus fuscescens*（HOUTTUYN） 卵が6～8月に、稚仔魚は7～10月の間で8月を中心として出現する。

29. モンガラカワハギ亜目　Balistina

本亜目にはベニカワムキ科Triacanthodidae、ギマ科Triacanthidae、モンガラカワハギ科Balistidae、カワハギ科Aluteridae およびウチワフグ科Triodontidae など、一般に体が卵形又は長楕円形で側扁して大きな第一棘を有する種類が多い。これらのうちで出現する卵および稚仔魚とその時期は、モンガラカワハギ科のモンガラカワハギ *Batistes conspicillum* BLOCH et SCHNEIDER 稚

仔魚が10～11月、アミモンガラ *Canthidermis rotundatus*（PRÓCE） 稚魚が６～11月、サメハダモンガラ *Canthidermis maculatus*（BLOCH）稚魚が９月、モンガラカワハギ科魚類で属種不明の稚魚が８～９月に出現する。カワハギ科魚類の出現期は、カワハギ*Stephanolepis cirrhifen*（TEMM. et SCHL.）稚魚が４～11月、ヨソギ *Stephanolepis japonicus*（TILESIUS） 稚魚が８月、アミメハギ*Rudarius ercodes* JORDAN et FOWLER稚魚が６～12月、ウスバハギ *Aluterus monoceros*（LINNÉ）稚魚が４～８月、ソウシハギ*Aluterus scriptus*（FORSTER）稚魚が７月である。これらの他にカワハギ科魚類の稚魚が５～10月の間に出現するが、このグループのうちにはウマズラハギ*Navodon modestus*（GÜNTHER）稚魚が含まれている可能性もある。

以上述べた本亜目の成魚は日本中部以南・琉球・台湾の広い水域の海岸に生息していることが知られているが、稚仔魚期にはほとんどのものが流れ藻の下に集って表層生活を長期間にわたっておくっている。

30. ハコフグ亜目 Ostraciontina

本亜目にはイトマキフグ科Aracanidaeとハコフグ科Ostraciontidae があるが、このうちで本海区外洋水域に出現する種類はハコフグ科のウミスズメ*Lactoria diaphanus*（BLOCH et SCHNEIDER）稚仔魚があり、出現時期は９～10月の間で採集数はきわめて少ない。

31. フグ亜目 Tetraodontina

本亜目にはフグ科Tetraodontidaeとハリセンボン科Diodontidae があり、このうち本海区外洋水域に出現する魚類の卵・稚仔魚とその出現時期は、フグ科魚類のサバフグ*Lagocephalus lunaris*（BLOCH et SCHNEIDER）稚仔魚が５～９月（主に７～８月）である。また、同科の属種不明卵が周年にわたってみられ、稚仔魚は５～12月に出現する。

ハリセンボン科魚類ではハリセンボン*Diodon holacanthus* LINNÉ 稚魚がまれに９月頃に出現する。

32. カジカ亜目 Cottina

本亜目にはフサカサゴ科Scorpaenidae、オニオコゼ科Synanceiidae、ハオコゼ科Congiopodidae、ギンダラ科Anoplopomidae、アイナメ科Hexagrammidae、ウバコチ科Parabembridae、アカゴチ科Bembridae、コチ科Platycephalidae、ハリゴチ科Hoplichthyidae、カジカ科Cottidae、ウラナイカジカ科Psychrolutidae、トクビレ科Agonidae、タテトクビレ科Aspidophoridae、ホウボウ科Triglidae およびキホウボウ科Peristediidae などがあり、このうちで出現する魚類の卵・稚仔魚とその出現時期は、フサカサゴ科のメバル*Sebastes inermis* CUVIER et VALENCIENNES稚仔魚が２～５月、メバル属*Sebastes* の種名不詳の卵が11～12月、また、稚仔魚はほゞ周年にわたっている。ミノカサゴ*Pterois lunutata* TEMM. et SCHL. 稚魚がまれに８月に、ヒレナガカサゴ*Neosebastes entaxis* JORDAN et STARKS 稚仔魚が６月、フサカサゴ科魚類で属種不明の稚仔魚が７～11月に出現する。

アイナメ科のアイナメ*Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS 稚魚が12月から翌年３月、とくに１～２月の間に出現が顕著である。

コチ科魚類では属種不明の稚仔魚がまれに７月および11月にみられる程度である。

ホウボウ科のホウボウ*Chelidonichthys Kumu*（LESSON et GARNOT） 卵・稚仔魚は８月から翌年４月までで、とくに11～12月に出現個体数が多い。このほかに本科に属すると思われる属種不明の稚仔魚が６～12月に出現する。

33. セミホウボウ亜目 Dactyloplerina

本亜目にはセミホウボウ科Cephalacanthidae の１科４属が含まれ、このうち本邦近海で出現している魚種は２属３種であるが、本海区外洋水域に出現する稚魚はこの種類のうちではホシセミホウボウ

Daicocus peterseni（NYSTRÖM）のみで6～11月に出現する.

34. カレイ亜目　Pleuronectina

本亜目にはコケビラメ科Citharidae、ヒラメ科Bothidae、およびカレイ科Pleuronectidae などがあり、このうちで、本海区外洋水域に出現する卵・稚仔魚とその出現時期は、ヒラメ科のヒラメ *Paralichthys olivaceus*（TEMM. et SCHL.）稚仔魚が2～7月、ヒラメ科魚類の属種不明稚仔魚が7～12月、ダルマガレイ属Engyprosopon稚仔魚（種名不詳）が10月から翌年1月までである.

カレイ科のメイタガレイ *Pleuronichthys cornutus*（TEMM. et SCHL.）稚仔魚が12月から翌年1月まで、カレイ科魚類の属種不明卵および稚仔魚が6～12月の間に出現する。

35. ウシノシタ亜目　Soleina

本亜目にはササウシノシタ科Soleidaeとウシノシタ科Cynoglossidaeがあり、このうちで、本海区外洋水域に出現する卵・稚仔魚とその出現時期は、ウシノシタ科魚類のみ判別しており、それも科の段階までである。この科の卵・稚仔魚は3～12月まで長期間にわたってごく沿岸域で出現する。

36. タラ亜目　Gadina

本亜目にはチゴダラ科Moridae、タラ科Gadidaeおよびサイウオ科Bregmacerotidae などがあり、このうちで、本海区外洋水域に出現する稚仔魚とその時期は、サイウオ科のサイウオ *Bregmaceros japonicus* TANAKA稚仔魚が7月から翌年1月までである。

37. アンコウ亜目　Lophiina

本亜目にはアンコウ科Lophiidaeの1科3属5種があり、これらの魚類の成魚は深海を生息領域とし、体は著しく縦扁した頭部と大きな口を備え、棘条背鰭のうち、前方の3～4本は分離して頭部にあって触手状をなしている。この亜目のうちで、本海区外洋水域で出現する稚仔魚とその時期は、アンコウ属のアンコウ *Lophiomus setigerus*（VAHL）が5～7月、属種不明の近縁種が7～10月の間に出現する。

38. イザリウオ亜目　Antennariina

本亜目にはイザリウオ科Antennariidae、フサアンコウ科Chaunacidaeおよびアカグツ科Onco - cephalidae などがあり、これらの魚類は体が側扁型、円形および縦側扁型をなして鱗がなく、第1背鰭は1本（稀に2本）の吻上棘条かあるいはその後方に2本の太い離棘を有している。また、これらの魚類の大部分は成魚期には日本中部以南・琉球・支那海各地の沿岸に生息しているが、幼・稚魚期には流れ藻に付随して表層生活をおくることが知られている。このうちで本海区外洋水域に出現する稚魚はほとんどのものがイザリウオ科のハナオコゼ *Pterophryne histrio*（LINNÉ）で、その出現時期は4～7月で、主に5～6月頃に流れ藻から採集される。

III　魚卵・稚仔魚出現期の季節による類型化

前項において南西海区外洋水域に出現する魚卵・稚仔魚の出現個体数の多少による順位ならびに出現時期などについて検討したが、各魚種について出現期を整理するといくつかの特徴ある類型化を行なうことができる。これらの出現期の特徴から各々の魚類の産卵期ならびに表層生活期の推移を明らかにすることは、その種の産卵生態や補充機構などを究明する上に重要なことである。

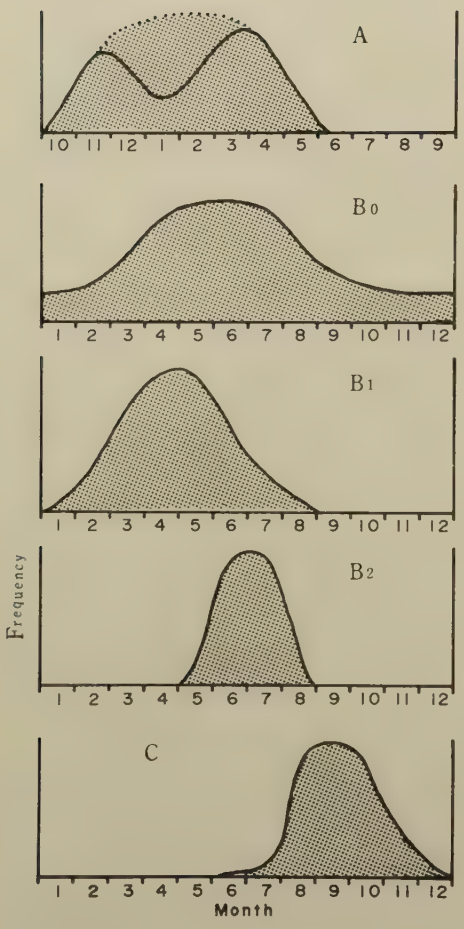


Fig. 2

Showing scheme of seasonal variation of fish eggs and larvae.

これまで九州沿海から紀南沿海にわたる南西海区外洋水域で、表層びき稚魚網で採集された魚卵・稚仔魚で判明したものの出現時期について類型区分を行なうと第2図に示すように、(1). 秋季の表層水温の下降期から冬季の最低水温期をへて春季の上昇期にいたるや、長期間（8ヶ月）にわたって魚卵・稚仔魚が出現するA型（冬中心型）、(2). 周年を通じて出現し、表層水温が高くなる夏季を中心に大きなPeakが出現するB_0型（春夏中心周年型）、(3). 冬季にかけて表層水温が上昇する時期を中心に出現するB_1型（春中心型）、(4). 夏季を中心に比較的短期間に出現するB_2型（夏中心短期型）、(5). 表層水温が高温期から徐々に下降期に向う秋季を中心に出現するC型（秋中心型）などに類型化されよう。

これらの出現型をもつ種類のうちで代表種と考えられる魚種（A型：マイワシ・サンマ、B_0型：カタクチイワシ、B_1型：マアジ・サバ類、B_2型：ソウダカツオ類、C型：ネズミギス）について、卵・稚仔1えい網当たりの平均採集個体数を示したのが第3図である。

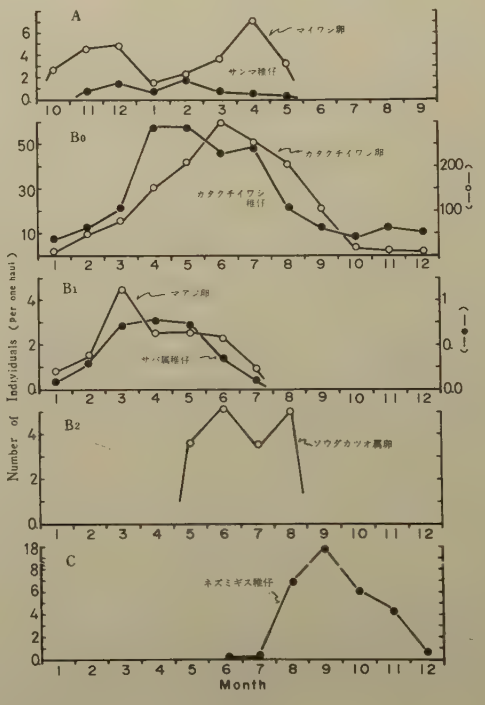


Fig. 3

Seasonal occurence of eggs and larvae of some typical fishes.

以上の５類型の各々について、これまで述べた本海区外洋水域に出現する魚類のうちの主要なものをまとめると次のとおりである。

A型（冬中心型）：ウルメイワシ・マイワシ・アユ・チダイ・サンマ・サギフエ・ボラ・ムツ・メジナ・タカノハダイ・タカベ・アイナメ・スズキなどがある。更にこのA型で、秋季から冬季の間に出現するカツオ・タチカマス類・ハゼ類・カゴカキダイ・サイウオなどがあり、冬季から春季の間に出現するキュウリエソ・イカナゴなどが含まれる。

B。型（春夏中心周年型で、１峰の出現ピークを見せる）：カタクチイワシが、この型の代表種である。この魚は春季から夏季にわたって大きな１峰と秋季に小さな１峰を形成することもある。

B_1型（春中心型）：マアジ・サバ類・ブリなどがこの型に属する。

B_2型（夏中心短期型）：コノシロ・サヨリソウダカツオ類・マルアジ・カマス類・バショウカジキ・クロダイ・マダイ・イシダイ・イサキ・ホシセミホウボウ・ツクシトビウオ・アリアケトビウオ・ハゴロモトビウオ・ホソアトビ・ダルマトビなど多くのものが含まれている。

C型（秋季中心型）：この型の典型的な代表魚種はネズミギスと言えよう。この種の成魚は亜熱帯水域の比較的深海に生息していて多獲されることはないが、稚仔魚時代は表層生活を長期間にわたって送り、南は台湾近海から北は東北海域にまで及んでいる（小達：1967、通山・松田：未発表・カツオ胃内容物調査）。このほか、この型に近いテンジクイサギ・ヒメジ・テンジクダイ・クロサギ類などがある。

Ⅳ 考　　察

南西海区外洋水域とその隣接海域における稚仔魚の出現状況については、内田・道津（1958）が、黒潮上流域の対馬暖流水系の主要な出現種として、ウルメイワシ・カタクチイワシ・ネズミギス・オキエソ・サンマ・トビウオ類・サギフエ・マサバ・シイラ・マアジ・ブリ・イシダイ・ヒメジ・スズキ・メジナ・タカノハダイ・イカナゴ・ニジギンポ・カワハギ・メバル・アイナメ・ホウボウなど24種を報告している。また、黒潮下流域の東海区水域から以北について服部（1964）が、マイワシ・ウルメイワシ・カタクチイワシ・サンマ・サバ類・マアジ・ブリ・スケトウダラ・ネズミギス・ハダカイワシ類・トビウオ類・タカベ・タカノハダイ・シイラ・ホッケ・ヨコスジカジカなどの本邦漁業主要漁獲対象種16種を採集個体数の多いものとして報告し、また、更に黒潮下流の末端域である東北海区水域を中心とした表層びき稚魚網で採集個体数の多い魚種として、小達（1967）はカタクチイワシ・サンマ・ススキハダカ・アラハダカ・マサバ・十腕目幼生タカベ・アイナメ科・マアジ・マイワシ・イソギンポ科・ハダカシラス・ネズミギス・ベラ科・ナガハダカ・ホクヨウハダカ属・サギフエ・メバル属・トビウオ科・タカノハダイ属・マガリハダカ・イカナゴ・ボラ・アナゴ科・カワハギ科・ヒメジ属・ブタハダカ・エボシダイ科・ブリ属（主としてブリ）・エソ科・異体類・メジナ属・シイラなど33種をあげている。

以上述べた隣接海域のうち、太平洋黒潮流域を包含する東海区水域および東北海区水域と本海区外洋水域に出現する魚類稚仔魚の上位６種類の魚種組成と同定しえた稚仔魚の全採集個体数のうちに占める割合をみると、南西海区外洋水域では、カタクチイワシ74.3%、ネズミギス 9.2%、ヒメジ類 2.7%、サンマ 1.4%サギフエおよびマイワシがともに 1.3%などで、東海区水域では、カタクチイワシ49.2%、サンマ13.3%、ネズミギス 7.7%、スズキハダカ 5.0%、タカベ 4.8%、およびホッケ 2.7%である。また、東北海区水域では、カタクチイワシ71.5%、サンマ約５%、ススキハダカ約４%、アラハダカ約４%、マサバ約３%、およびタカベ約２%などである。いづれの水域ともカタクチイワシが全採集個体数の半数以上を占めている。

しかし、２位以下の魚種組成によると、各々の水域の特徴が表われているように思われる。すなわち、南西海区外洋水域は南方高温系に属するネスミギス・ヒメジ類およびサギフエなどが主体で、これらに混って北方低温系に属するサンマ・マイワシなどもみられる。

東海区水域は北方低温系に属するサンマ・タカベ・ホッケなどとともに、南方高温系に属するネズミギスも混在し、南西海区外洋水域同様、両系に属する多くの魚種の成育水域であることを示唆している。

東北海区水域は、サンマ、マサバ、タカベなど、主として北方低温系魚類で占められている。しかし、南

方高温系魚類のマアジ・ネズミギス・サギフエなどの採集個体数は少なくはない。

要　　約

1954年1月から1968年3月までの期間に、南西海区の外洋水域で表層びき丸稚A網によって採集された資料のうちから 6,634点の採集物について、種類の判明した魚卵・稚仔魚の整理分類を行なって、本海区の外洋水域に出現する種類と出現時期ならびに季節による出現種類の類型化などについて検討した。

1. 南西海区の外洋水域に出現した魚卵・稚仔魚の種類は、科・属の段階を含めると魚卵が43科51種類、稚仔魚が84科 174種類で、両者を含めた総出現種類では86科 176種類に達した。

2. 種類の判明した魚卵・稚仔魚の総出現個体数のうちでは、カタクチイワシが最も多く、卵は総出現個体数の72.2%、稚仔魚は74.3%を占めている。次に多い魚種は、卵ではウルメイワシで 6.3%、稚仔魚ではネズミギスで 9.2%である。

3. 出現した魚種の季節的出現傾向から出現期の類型区分をすると次の5型に大別される。

A型：秋～冬～春季のやゝ長期間にわたり、主に冬季を中心に出現するもので、マイワシ・サンマ・メジナ・タカノハダイなどがこの型に属する。

B_0型：周年にわたって出現し、春夏中心に大きな出現ピークと秋季に小さな出現ピークを形成するもので、カタクチイワシがこの型の代表種である。

B_1型：春～夏季の間で主に春季を中心に出現するもので、マアジ・サバ類などがこの型に属する。

B_2型：夏季を中心に短期間出現するもので、ソウダカツオ類・マルアジ・イシダイなどがこの型に属する。

C型：秋季を中心に出現するもので、ネズミギスがこの型の代表種である。

文　　献

内田恵太郎（1941）魚卵の生態、海洋の科学、1(3)、9～6

――――（1943）魚類の生活史概説、海洋の科学、3(10)、427～436

水戸　敏（1961a・b）日本近海に出現する浮游性魚卵－Ⅰ．Ⅲ．九大農学芸誌、18(1)、71～94．、18(3)、285～310

内田恵太郎・道津喜衛（1958）対馬暖流水域の表層に現われる魚卵・稚魚の概説、対馬暖流開発調査報告書第2輯、水産庁、3～65

――――ほか8名（1958）日本産魚類の稚魚期の研究－Ⅰ．九大農、水産学第二研究室、89P

今井貞彦（1956）日本産トビウオ類の特徴と検索、鹿大水紀要、5、91～102

――――（1959、60）日本近海産トビウオ類の生活史の研究－Ⅰ、Ⅱ、鹿大水紀要、7、1～86.，8、8～46

水戸　敏（1966）日本海洋プランクトン図鑑(7)、魚卵・稚魚、74P．東京；蒼洋社．

千田哲資（1962a・b）隠岐島近海における魚卵・稚魚の出現について－Ⅰ、Ⅱ．日生態会誌、12(4)、152～157．，12(5)、163　～166

深滝　弘（1959）日本海産重要魚卵・稚仔の周年にわたる出現および生態について－Ⅱ．日水研　研究報告(7)、17～42．

沖山宗雄（1965）佐度海峡に出現する魚卵・稚魚の出現に関する予察的研究、日水研研究報告、(15)、14～37

服部茂昌（1964）黒潮ならびに隣接海域における稚魚の研究、東海水研　研究報告、(40)、1～158

野村星二（1959）1956～1957年の日向灘に於ける稚魚の出現及び分布状況について、南海水研　研究報告、(10)、48～62．

松田星二（1966）日向灘及びその周辺海域における魚卵・稚魚の出現に関する2・3の考察、南海水研　研究報告、(23)、1～30．

小達　繁（1961、62a・b，1967）東北海区における稚魚の研水－Ⅳ、東北水研　研究報告、(19)、98～108　(20)、94～105　、(21)、63～70、(27)、61～75

松原喜代松（1955）魚類の形態と検索　Ⅰ－Ⅲ、1版1605P．東京；石崎書店

内田清之助・ほか（1957）日本動物図鑑、19版、1899P．東京；北隆館

通山正弘・松田星二（未発表）枕崎におけるカツオの胃内容物調査資料（1959～1961）

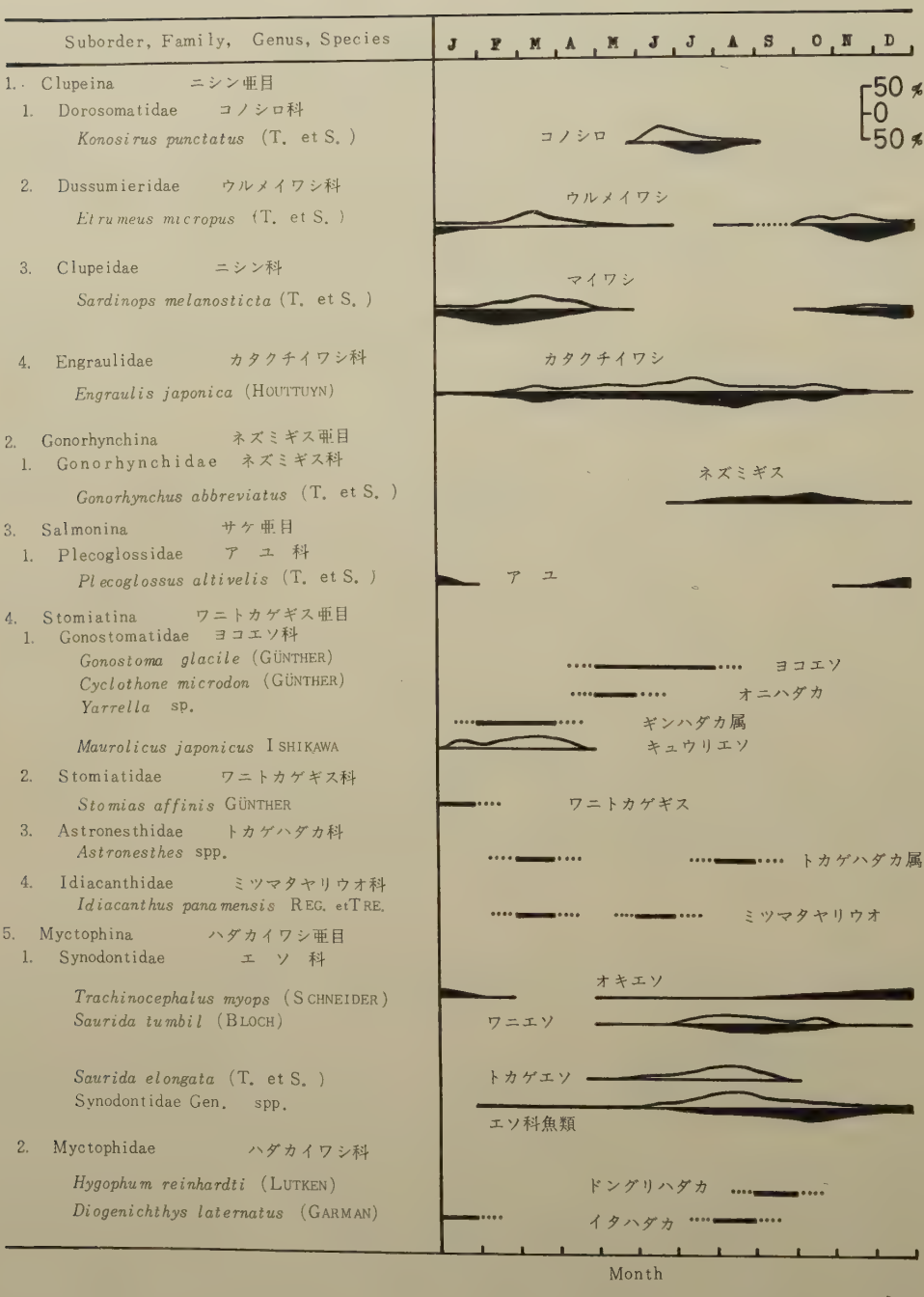
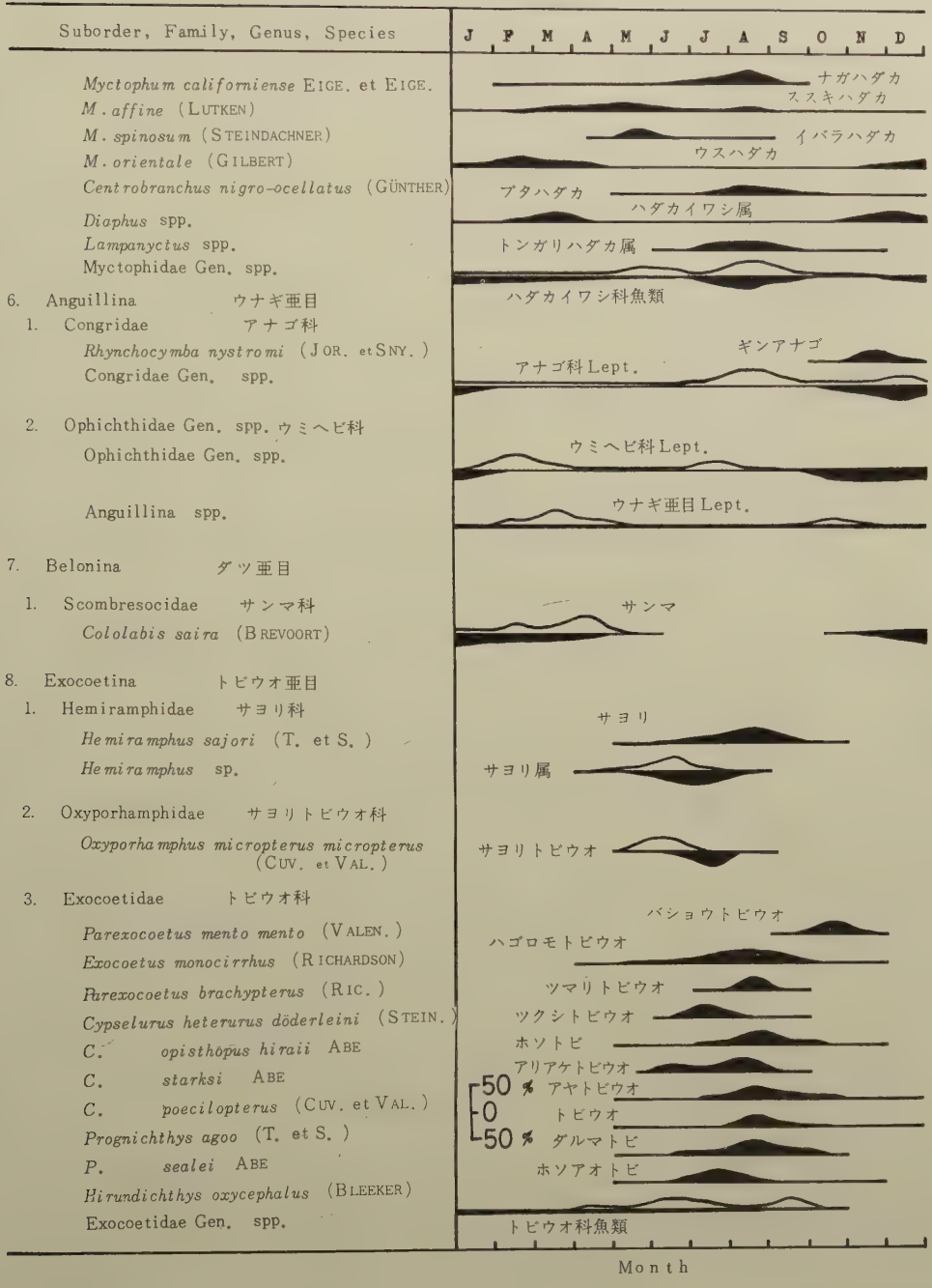
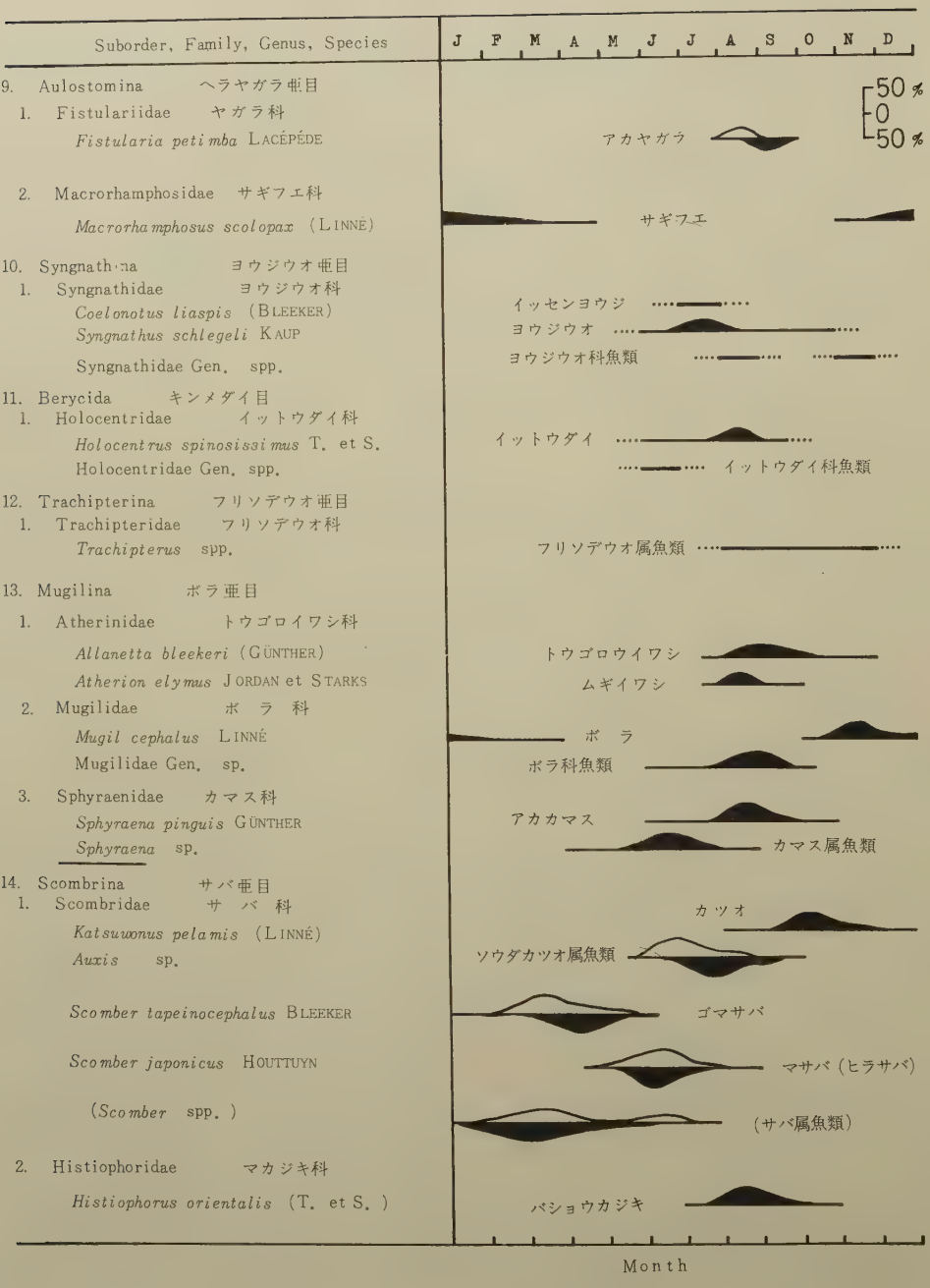


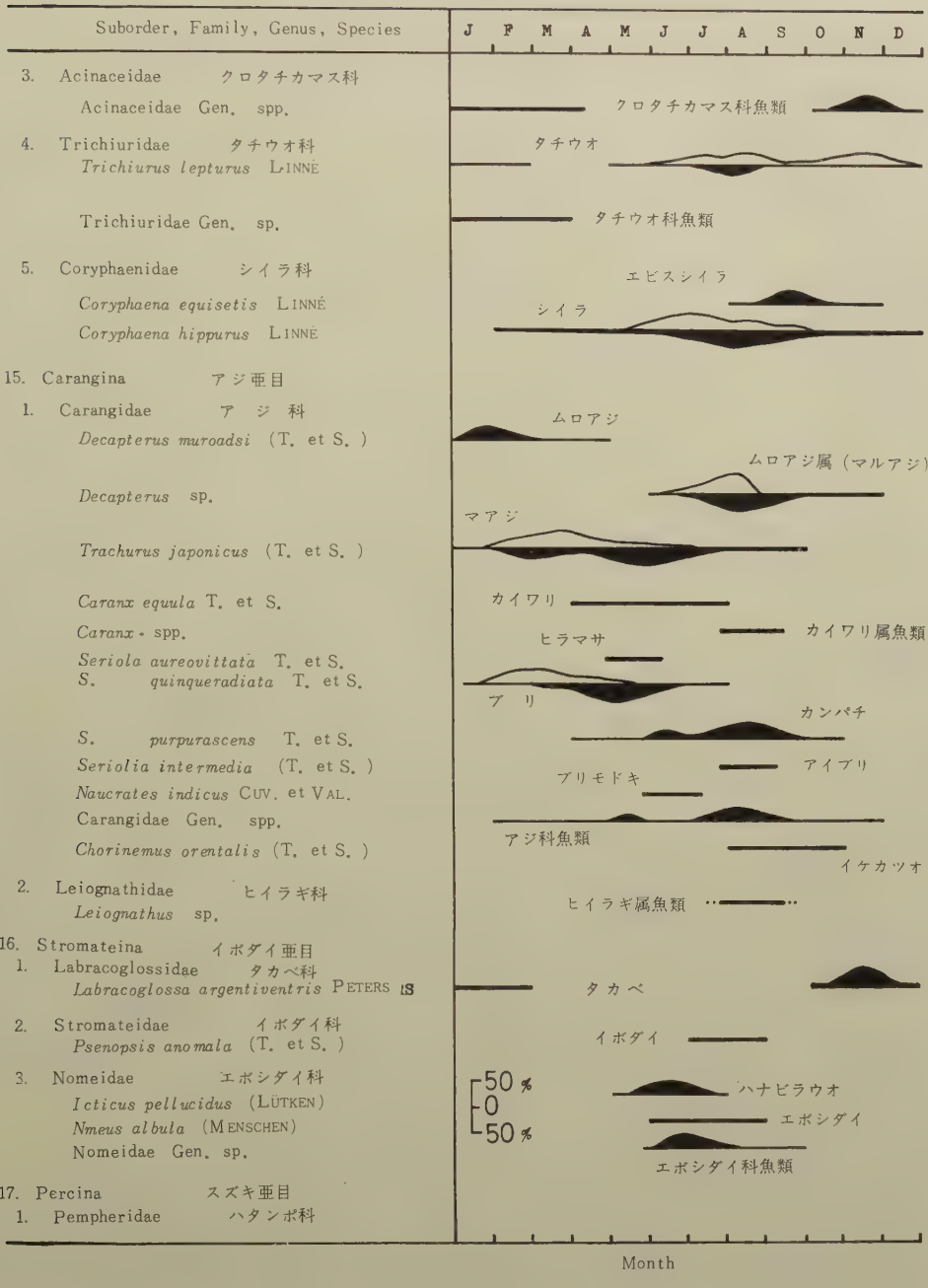
Fig. 4

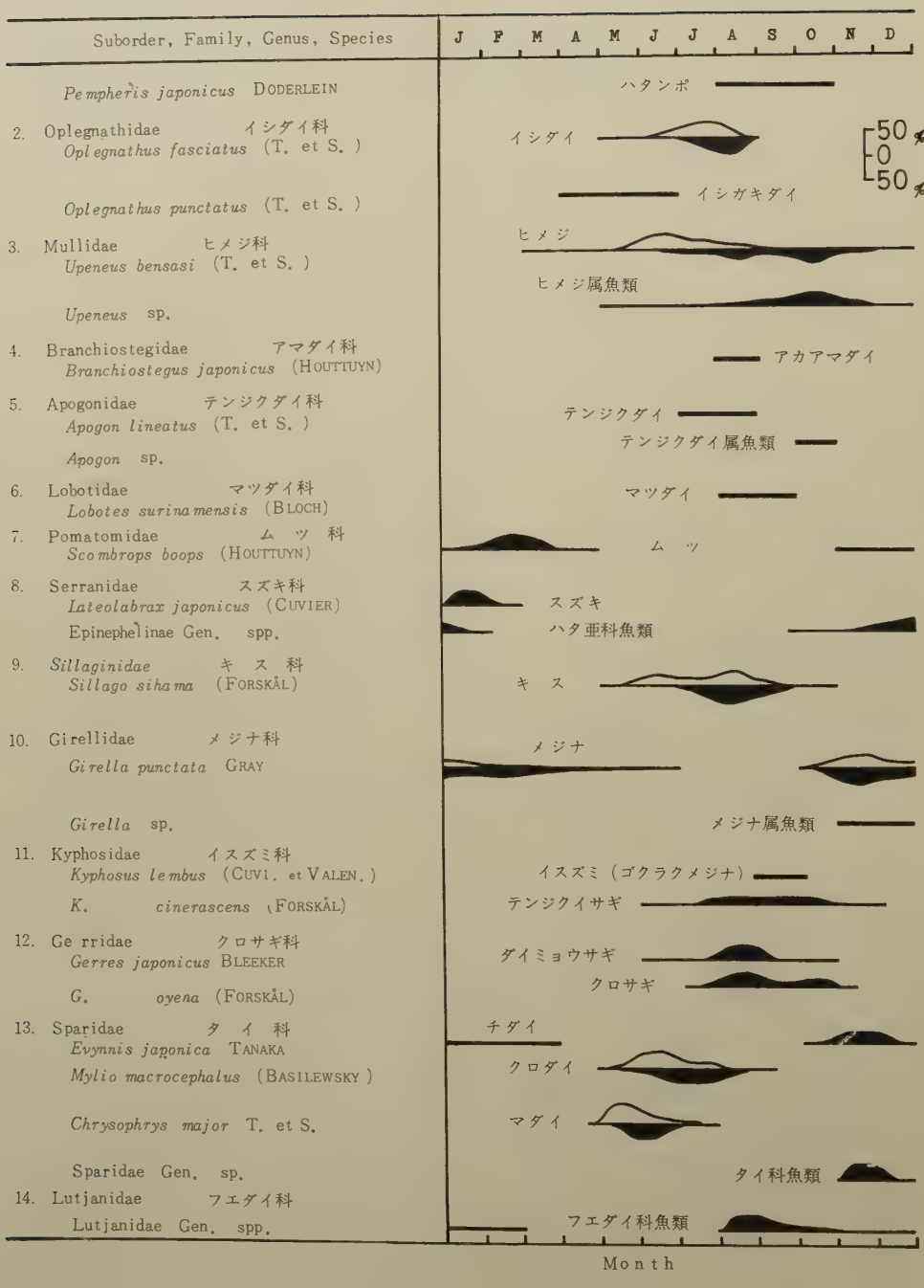
All Species name of fish eggs and larvae occured and there frequency by month.

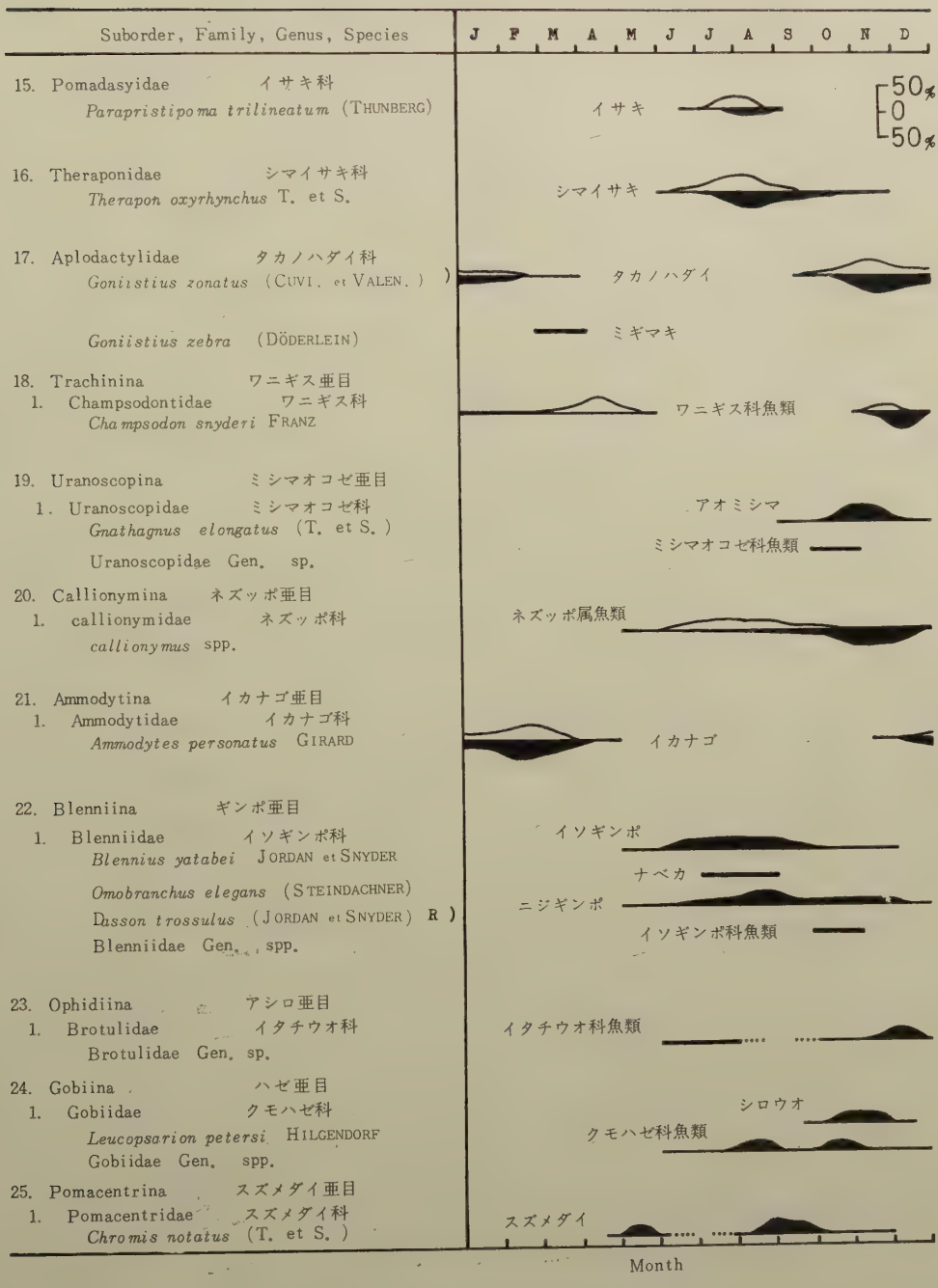
□ : Egg ■ : Larvae

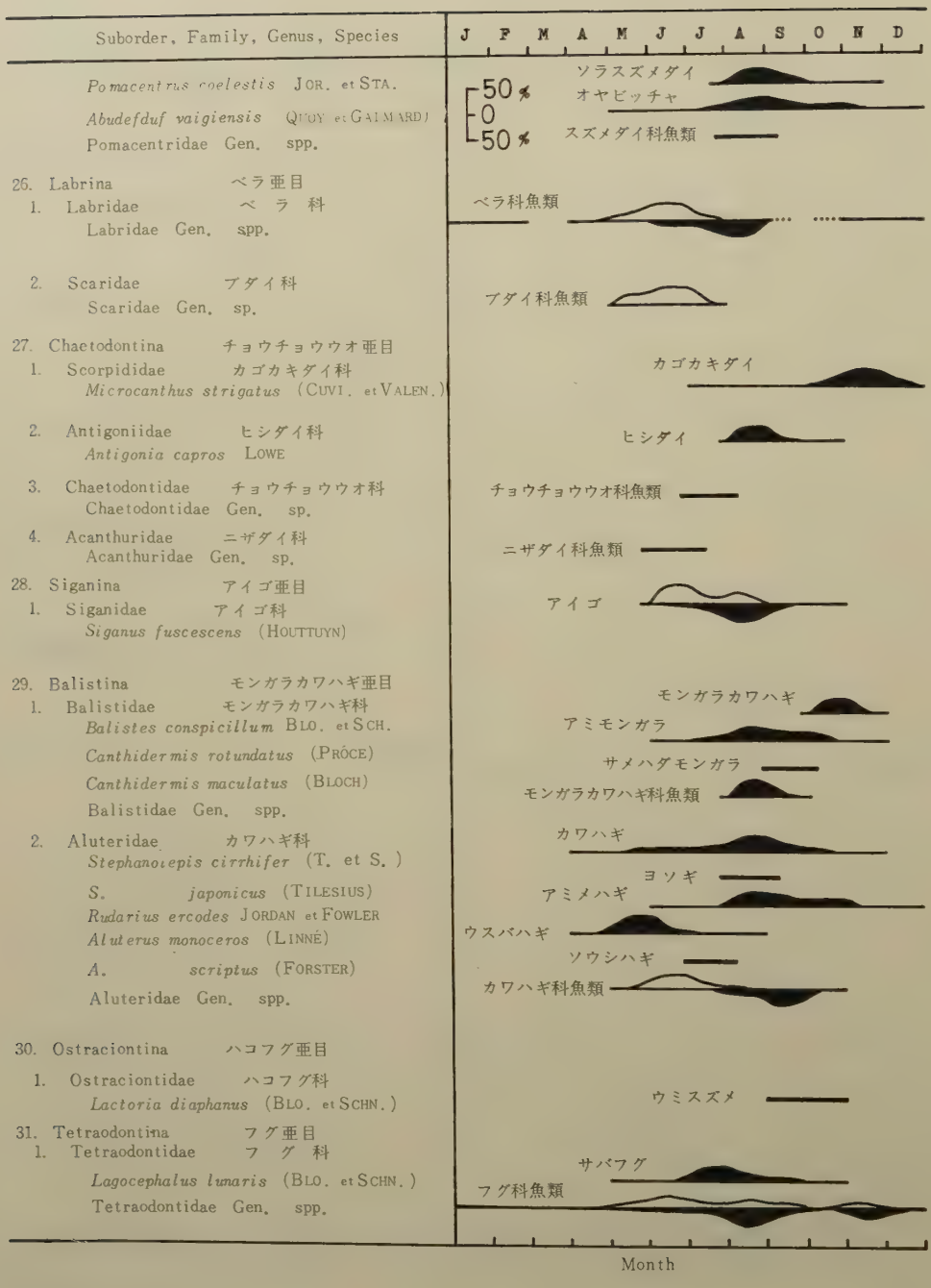

Suborder, Family, Genus, Species
J F M A M J J A S O N D
Myctophum californiense Eige. et Eige.
M. affine (Lutken)
M. spinosum (Steindachner)
M. orientale (Gilbert)
Centrobranchus nigro-ocellatus (Günther)
Diaphus spp.
Lampanyctus spp.
Myctophidae Gen. spp.
ナガハダカ
ススキハダカ
イバラハダカ
ウスハダカ
ブタハダカ
ハダカイワシ属
トンガリハダカ属
ハダカイワシ科魚類
6. Anguillina ウナギ亜目
1. Congridae アナゴ科
Rhynchocymba nystromi (Jor. et Sny.)
Congridae Gen. spp.
ギンアナゴ
アナゴ科Lept.
2. Ophichthidae Gen. spp. ウミヘビ科
Ophichthidae Gen. spp.
ウミヘビ科Lept.
Anguillina spp.
ウナギ亜目Lept.
7. Belonina ダツ亜目
1. Scombresocidae サンマ科
Cololabis saira (Brevoort)
サンマ
8. Exocoetina トビウオ亜目
1. Hemiramphidae サヨリ科
Hemiramphus sajori (T. et S.)
Hemiramphus sp.
サヨリ
サヨリ属
2. Oxyporhamphidae サヨリトビウオ科
Oxyporhamphus micropterus micropterus (Cuv. et Val.)
サヨリトビウオ
3. Exocoetidae トビウオ科
Parexocoetus mento mento (Valen.)
Exocoetus monocirrhus (Richardson)
Parexocoetus brachypterus (Ric.)
Cypselurus heterurus döderleini (Stein.)
C. opisthopus hiraii Abe
C. starksi Abe
C. poecilopterus (Cuv. et Val.)
Prognichthys agoo (T. et S.)
P. sealei Abe
Hirundichthys oxycephalus (Bleeker)
Exocoetidae Gen. spp.
バショウトビウオ
ハゴロモトビウオ
ツマリトビウオ
ツクシトビウオ
ホソトビ
アリアケトビウオ
50 % アヤトビウオ
0 トビウオ
50 % ダルマトビ
ホソアオトビ
トビウオ科魚類
Month

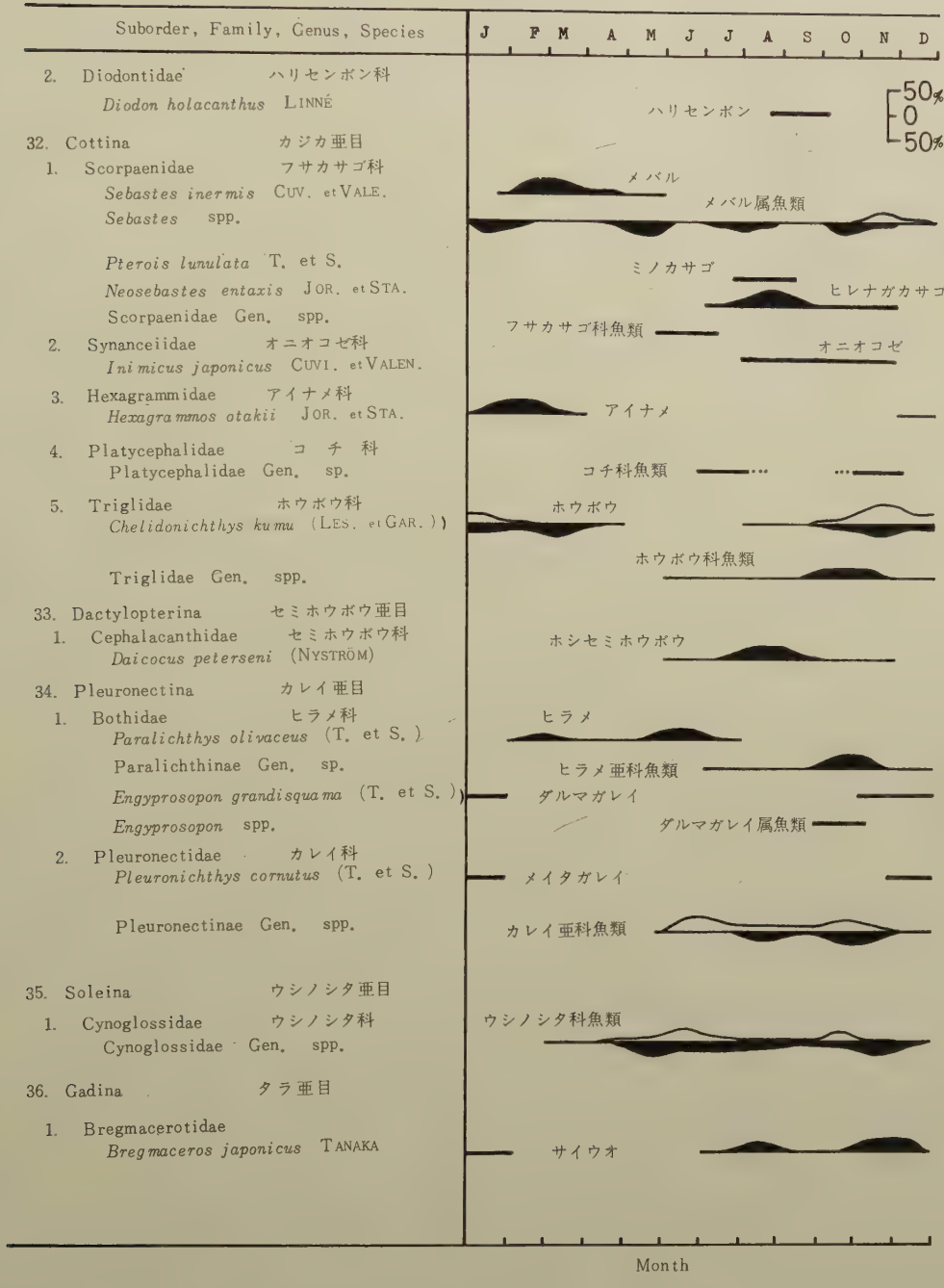

Suborder, Family, Genus, Species
J F M A M J J A S O N D
50 %
0
50 %
9. Aulostomina ヘラヤガラ亜目
1. Fistulariidae ヤガラ科
Fistularia petimba LACÉPÉDE
アカヤガラ
2. Macrorhamphosidae サギフエ科
Macrorhamphosus scolopax (LINNÉ)
サギフエ
10. Syngnathina ヨウジウオ亜目
1. Syngnathidae ヨウジウオ科
Coelonotus liaspis (BLEEKER)
イッセンヨウジ
Syngnathus schlegeli KAUP
ヨウジウオ
Syngnathidae Gen. spp.
ヨウジウオ科魚類
11. Berycida キンメダイ目
1. Holocentridae イットウダイ科
Holocentrus spinosissimus T. et S.
イットウダイ
Holocentridae Gen. spp.
イットウダイ科魚類
12. Trachipterina フリソデウオ亜目
1. Trachipteridae フリソデウオ科
Trachipterus spp.
フリソデウオ属魚類
13. Mugilina ボラ亜目
1. Atherinidae トウゴロイワシ科
Allanetta bleekeri (GÜNTHER)
トウゴロウイワシ
Atherion elymus JORDAN et STARKS
ムギイワシ
2. Mugilidae ボラ科
Mugil cephalus LINNÉ
ボラ
Mugilidae Gen. sp.
ボラ科魚類
3. Sphyraenidae カマス科
Sphyraena pinguis GÜNTHER
アカカマス
Sphyraena sp.
カマス属魚類
14. Scombrina サバ亜目
1. Scombridae サバ科
Katsuwonus pelamis (LINNÉ)
カツオ
Auxis sp.
ソウダカツオ属魚類
Scomber tapeinocephalus BLEEKER
ゴマサバ
Scomber japonicus HOUTTUYN
マサバ (ヒラサバ)
(Scomber spp.)
(サバ属魚類)
2. Histiophoridae マカジキ科
Histiophorus orientalis (T. et S.)
バショウカジキ
Month


Suborder, Family, Genus, Species
J F M A M J J A S O N D
3. Acinaceidae クロタチカマス科
Acinaceidae Gen. spp.
クロタチカマス科魚類
4. Trichiuridae タチウオ科
Trichiurus lepturus LINNÉ
タチウオ
Trichiuridae Gen. sp.
タチウオ科魚類
5. Coryphaenidae シイラ科
Coryphaena equisetis LINNÉ
Coryphaena hippurus LINNE
エビスシイラ
シイラ
15. Carangina アジ亜目
1. Carangidae アジ科
Decapterus muroadsi (T. et S.)
ムロアジ
Decapterus sp.
ムロアジ属（マルアジ）
Trachurus japonicus (T. et S.)
マアジ
Caranx equula T. et S.
カイワリ
Caranx spp.
カイワリ属魚類
Seriola aureovittata T. et S.
ヒラマサ
S. quinqueradiata T. et S.
ブリ
S. purpurascens T. et S.
カンパチ
Seriolia intermedia (T. et S.)
アイブリ
Naucrates indicus CUV. et VAL.
ブリモドキ
Carangidae Gen. spp.
アジ科魚類
Chorinemus orentalis (T. et S.)
イケカツオ
2. Leiognathidae ヒイラギ科
Leiognathus sp.
ヒイラギ属魚類
16. Stromateina イボダイ亜目
1. Labracoglossidae タカベ科
Labracoglossa argentiventris PETERS
タカベ
2. Stromateidae イボダイ科
Psenopsis anomala (T. et S.)
イボダイ
3. Nomeidae エボシダイ科
Icticus pellucidus (LÜTKEN)
Nmeus albula (MENSCHEN)
Nomeidae Gen. sp.
50 %
0
50 %
ハナビラウオ
エボシダイ
エボシダイ科魚類
17. Percina スズキ亜目
1. Pempheridae ハタンポ科
Month

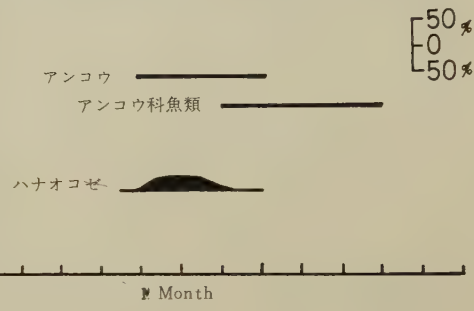

Suborder, Family, Genus, Species
J F M A M J J A S O N D
Pempheris japonicus DODERLEIN
ハタンポ
2. Oplegnathidae イシダイ科
Oplegnathus fasciatus (T. et S.)
イシダイ
50 %
0
50 %
Oplegnathus punctatus (T. et S.)
イシガキダイ
3. Mullidae ヒメジ科
Upeneus bensasi (T. et S.)
ヒメジ
Upeneus sp.
ヒメジ属魚類
4. Branchiostegidae アマダイ科
Branchiostegus japonicus (HOUTTUYN)
アカアマダイ
5. Apogonidae テンジクダイ科
Apogon lineatus (T. et S.)
テンジクダイ
Apogon sp.
テンジクダイ属魚類
6. Lobotidae マツダイ科
Lobotes surinamensis (BLOCH)
マツダイ
7. Pomatomidae ムツ科
Scombrops boops (HOUTTUYN)
ムツ
8. Serranidae スズキ科
Lateolabrax japonicus (CUVIER)
スズキ
Epinephelinae Gen. spp.
ハタ亜科魚類
9. Sillaginidae キス科
Sillago sihama (FORSKÅL)
キス
10. Girellidae メジナ科
Girella punctata GRAY
メジナ
Girella sp.
メジナ属魚類
11. Kyphosidae イスズミ科
Kyphosus lembus (CUVI. et VALEN.)
イスズミ（ゴクラクメジナ）
K. cinerascens (FORSKÅL)
テンジクイサギ
12. Gerridae クロサギ科
Gerres japonicus BLEEKER
ダイミョウサギ
G. oyena (FORSKÅL)
クロサギ
13. Sparidae タイ科
Evynnis japonica TANAKA
チダイ
Mylio macrocephalus (BASILEWSKY)
クロダイ
Chrysophrys major T. et S.
マダイ
Sparidae Gen. sp.
タイ科魚類
14. Lutjanidae フエダイ科
Lutjanidae Gen. spp.
フエダイ科魚類
Month


Suborder, Family, Genus, Species
J F M A M J J A S O N D
15. Pomadasyidae イサキ科
Parapristipoma trilineatum (THUNBERG)
イサキ
50%
0
50%
16. Theraponidae シマイサキ科
Therapon oxyrhynchus T. et S.
シマイサキ
17. Aplodactylidae タカノハダイ科
Goniistius zonatus (CUVI. et VALEN.)
タカノハダイ
Goniistius zebra (DÖDERLEIN)
ミギマキ
18. Trachinina ワニギス亜目
1. Champsodontidae ワニギス科
Champsodon snyderi FRANZ
ワニギス科魚類
19. Uranoscopina ミシマオコゼ亜目
1. Uranoscopidae ミシマオコゼ科
Gnathagnus elongatus (T. et S.)
アオミシマ
Uranoscopidae Gen. sp.
ミシマオコゼ科魚類
20. Callionymina ネズッポ亜目
1. callionymidae ネズッポ科
callionymus spp.
ネズッポ属魚類
21. Ammodytina イカナゴ亜目
1. Ammodytidae イカナゴ科
Ammodytes personatus GIRARD
イカナゴ
22. Blenniina ギンポ亜目
1. Blenniidae イソギンポ科
Blennius yatabei JORDAN et SNYDER
イソギンポ
Omobranchus elegans (STEINDACHNER)
ナベカ
Dasson trossulus (JORDAN et SNYDER) R
ニジギンポ
Blenniidae Gen. spp.
イソギンポ科魚類
23. Ophidiina アシロ亜目
1. Brotulidae イタチウオ科
Brotulidae Gen. sp.
イタチウオ科魚類
24. Gobiina ハゼ亜目
1. Gobiidae クモハゼ科
Leucopsarion petersi HILGENDORF
シロウオ
クモハゼ科魚類
Gobiidae Gen. spp.
25. Pomacentrina スズメダイ亜目
1. Pomacentridae スズメダイ科
Chromis notatus (T. et S.)
スズメダイ
Month


Suborder, Family, Genus, Species
J F M A M J J A S O N D
Pomacentrus coelestis JOR. et STA.
Abudefduf vaigiensis QUOY et GAIMARD
Pomacentridae Gen. spp.
50 %
0
50 %
ソラスズメダイ
オヤビッチャ
スズメダイ科魚類
26. Labrina ベラ亜目
1. Labridae ベラ科
Labridae Gen. spp.
ベラ科魚類
2. Scaridae ブダイ科
Scaridae Gen. sp.
ブダイ科魚類
27. Chaetodontina チョウチョウウオ亜目
1. Scorpididae カゴカキダイ科
Microcanthus strigatus (CUVI. et VALEN.)
カゴカキダイ
2. Antigoniidae ヒシダイ科
Antigonia capros LOWE
ヒシダイ
3. Chaetodontidae チョウチョウウオ科
Chaetodontidae Gen. sp.
チョウチョウウオ科魚類
4. Acanthuridae ニザダイ科
Acanthuridae Gen. sp.
ニザダイ科魚類
28. Siganina アイゴ亜目
1. Siganidae アイゴ科
Siganus fuscescens (HOUTTUYN)
アイゴ
29. Balistina モンガラカワハギ亜目
1. Balistidae モンガラカワハギ科
Balistes conspicillum BLO. et SCH.
Canthidermis rotundatus (PRÓCE)
Canthidermis maculatus (BLOCH)
Balistidae Gen. spp.
モンガラカワハギ
アミモンガラ
サメハダモンガラ
モンガラカワハギ科魚類
2. Aluteridae カワハギ科
Stephanolepis cirrhifer (T. et S.)
S. japonicus (TILESIUS)
Rudarius ercodes JORDAN et FOWLER
Aluterus monoceros (LINNÉ)
A. scriptus (FORSTER)
Aluteridae Gen. spp.
カワハギ
ヨソギ
アミメハギ
ウスバハギ
ソウシハギ
カワハギ科魚類
30. Ostraciontina ハコフグ亜目
1. Ostraciontidae ハコフグ科
Lactoria diaphanus (BLO. et SCHN.)
ウミスズメ
31. Tetraodontina フグ亜目
1. Tetraodontidae フグ科
Lagocephalus lunaris (BLO. et SCHN.)
Tetraodontidae Gen. spp.
サバフグ
フグ科魚類
Month


Suborder, Family, Genus, Species
J F M A M J J A S O N D
2. Diodontidae ハリセンボン科
Diodon holacanthus LINNÉ
32. Cottina カジカ亜目
1. Scorpaenidae フサカサゴ科
Sebastes inermis CUV. et VALE.
Sebastes spp.
Pterois lunulata T. et S.
Neosebastes entaxis JOR. et STA.
Scorpaenidae Gen. spp.
2. Synanceiidae オニオコゼ科
Inimicus japonicus CUVI. et VALEN.
3. Hexagrammidae アイナメ科
Hexagrammos otakii JOR. et STA.
4. Platycephalidae コチ科
Platycephalidae Gen. sp.
5. Triglidae ホウボウ科
Chelidonichthys kumu (LES. et GAR.)
Triglidae Gen. spp.
33. Dactylopterina セミホウボウ亜目
1. Cephalacanthidae セミホウボウ科
Daicocus peterseni (NYSTRÖM)
34. Pleuronectina カレイ亜目
1. Bothidae ヒラメ科
Paralichthys olivaceus (T. et S.)
Paralichthinae Gen. sp.
Engyprosopon grandisquama (T. et S.)
Engyprosopon spp.
2. Pleuronectidae カレイ科
Pleuronichthys cornutus (T. et S.)
Pleuronectinae Gen. spp.
35. Soleina ウシノシタ亜目
1. Cynoglossidae ウシノシタ科
Cynoglossidae Gen. spp.
36. Gadina タラ亜目
1. Bregmacerotidae
Bregmaceros japonicus TANAKA
50%
0
50%
ハリセンボン
メバル
メバル属魚類
ミノカサゴ
ヒレナガカサゴ
フサカサゴ科魚類
オニオコゼ
アイナメ
コチ科魚類
ホウボウ
ホウボウ科魚類
ホシセミホウボウ
ヒラメ
ヒラメ亜科魚類
ダルマガレイ
ダルマガレイ属魚類
メイタガレイ
カレイ亜科魚類
ウシノシタ科魚類
サイウオ
Month

Suborder, Family, Genus, Species	J F M A M J J A S O N D
37. Lophiina アンコウ亜目	
1. Lophiidae アンコウ科	
Lophiomus setigerus (VAHL)	
Lophiidae Gen. sp.	
38. Antennariina イザリウオ亜目	
1. Antennariidae イザリウオ科	
Pterophryne histrio (LINNÉ)	



APPENDIX TABLES

Number of individunals of fish eggs and larvae by month.

a. (魚　卵)　Eggs (April 1966 to March 1968)

属・種	個体数												計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
コノシロ	0	0	0	0	0	64	20	11	1	0	0	0	96
ウルメイワシ	108	2,328	2,966	326	41	100	3	64	1	1,759	7,969	296	15,961
マイワシ	206	258	805	659	3	0	0	0	0	511	1,316	11	3,770
カタクチイワシ	263	12,377	17,405	4,128	38,966	35,793	40,490	34,273	2,876	5,812	192	189	192,784
キュウリエソ	21	6	270	42	0	0	0	0	0	0	0	0	337
ワニエソ	0	0	0	0	5	7	48	81	0	26	0	9	176
トカゲエソ	0	0	0	0	118	92	110	394	2	0	0	0	716
エソ科	0	1	2	3	3	31	64	428	24	27	22	2	607
ハダカイワシ科	2	0	1	2	8	9	5	620	1	0	29	4	681
アナゴ科	11	13	44	33	7	17	59	776	11	19	32	51	1,073
ウミヘビ科	1	283	137	18	7	83	119	34	8	25	20	10	745
ウナギ亜目	7	168	286	14	1	11	0	0	16	23	1	2	529
サンマ	3	5	2	48	0	0	0	0	0	0	1	0	59
サヨリ属	0	0	0	0	3	13	0	7	36	0	0	0	59
サヨリトビウオ	0	0	0	0	1	1	0	13	0	0	0	0	15
トビウオ科	0	0	0	2	3	8	7	5	8	1	0	0	34
アカヤガラ	0	0	1	6	126	164	2	117	0	0	0	0	416
フリソデウオ	9	34	10	17	39	61	10	23	6	8	9	12	238
ソウダカツオ属	0	0	0	0	366	892	512	880	2	2	0	0	2,654
サバ属	47	123	470	188	98	176	87	0	0	0	0	0	1,189
ゴマサバ	2	52	194	90	8	10	0	0	0	0	0	0	356
マサバ	0	0	92	20	498	1,925	26	0	0	0	0	0	2,561
タチウオ	5	3	0	2	24	4	2	27	9	72	113	55	316
シイラ	1	10	16	26	57	259	42	224	2	7	0	17	661
ムロアジ属(マルアジ?)	0	0	0	0	0	10	109	385	0	0	0	0	504
マアジ	69	186	838	162	259	272	121	88	0	0	0	0	1,995
ブリ	2	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	16
インダイ	0	0	0	0	38	29	164	298	0	0	0	0	529
ヒメジ	0	0	0	0	171	2,020	848	299	0	0	0	0	3,338
スズキ	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
キス	0	0	0	0	0	260	177	338	0	0	0	0	775
メジナ	129	118	306	67	74	0	0	0	0	919	16,35	87	3,335
チダイ	11	0	0	0	0	0	0	0	0	7,795	1	9	7,816
クロダイ	0	0	0	0	362	5,972	482	6,360	0	0	0	0	13,176
マダイ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
イサキ	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	35
シマイサキ?	0	0	0	0	0	20	21	856	0	0	0	0	897
タカノハダイ	27	22	12	0	0	0	0	0	0	75	274	88	498
ワニギス	1	0	0	503	30	0	0	0	0	0	1	2	537
ミシマオコゼ科	0	0	0	0	8	4	0	8	9	9	6	0	44
ネズッポ属	1	0	0	7	8	132	142	141	39	14	16	0	500
ベラ科	4	20	1	15	4	1,225	38	114	8	2	77	2	1,510
ブダイ科	0	0	0	0	51	70	7	0	0	0	0	0	128
アイゴ科	0	0	0	0	0	144	0	18	0	0	0	0	162
カワハギ科	0	0	0	0	6	16	4	6	0	0	0	0	32
フグ科	1	4	9	12	54	180	68	139	18	20	23	2	530
メバル属	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
ホウボウ	13	14	3	2	1	0	0	0	0	17	212	1	253
メイタガレイ	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6
カレイ科	3	11	0	0	0	41	3	3	0	1	1	3	66
ウシノシタ科	0	0	2	3	99	186	132	25	4	62	13	0	526

b. （稚仔魚） Larvae (january 1954 to March 1968)

属・種	個体数												計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
コノシロ	0	0	0	0	0	1	10	12	0	0	0	0	23
ウルメイワシ	7	12	142	0	0	0	0	0	0	7	128	42	338
マイワシ	44	1,102	1,039	14	38	0	0	0	0	4	507	60	2,808
カタクチイワシ	3,322	7,875	23,546	32,661	25,171	24,020	12,610	12,130	3,224	6,516	8,365	3,434	162,874
ネズミギス	0	0	0	0	0	2	197	3,998	9,985	3,532	2,531	396	20,641
アユ	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	6
ヨコエソ	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3
オニハダウ	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
キュウリエソ	0	0	219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219
ニセハダカギス	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
ヒカリハダカ	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
ミツマタヤリウオ	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7
オキエソ	2	3	0	0	5	4	2	8	13	13	16	23	89
ニセエソ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3
エソ科	3	3	1	3	2	14	36	24	28	33	68	20	235
ハシマハダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
イタハダカ	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
ナガハダカ	0	1	0	2	7	0	0	54	0	0	0	0	64
ススキハダカ	4	13	5	6	76	0	0	13	4	3	0	17	141
イハラハダカ	0	0	0	0	26	0	0	1	0	0	0	0	27
マラハダカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	16	25
ウスハダカ	6	10	6	2	6	0	4	1	2	3	1	4	45
イタハダカ	0	0	0	0	3	0	20	21	22	1	2	2	71
ハダカイワシ	0	0	0	12	2	0	1	0	1	2	0	12	30
ムノキハダカ	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ハオレハダカ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ヒシダハダカ	0	0	0	0	0	8	22	38	0	1	8	0	77
ハダカイワシ科（1～5型）	72	36	19	20	24	31	70	208	54	40	28	58	660
キンアナゴ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	4	46
アナゴ科のLept（1～5型）	1	86	8	3	1	0	6	5	29	10	6	25	180
ウナギ亜目	4	0	2	0	8	6	18	30	7	26	14	11	126
ウミヘビ科のLept（1～3型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	2	7
サンマ	273	950	404	242	66	1	1	0	0	0	333	733	3,003
サヨリ	0	0	0	0	3	18	51	95	45	3	1	0	216
サヨリ属	0	0	0	1	1	5	0	5	15	0	0	0	27
サヨトビウオ	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
ノマトビウオ	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
バンショウトビウオ	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	1	0	8
ハコロモトビウオ	0	0	0	2	12	12	12	21	8	1	1	0	59
マアケトビウオ	0	0	0	0	0	3	1	4	0	0	0	0	8
ハマトビウオ	1	2	2	0	0	0	0	3	2	0	0	0	10
ホソトビ	0	0	0	2	2	5	1	1	0	0	0	0	11
ツクシトビウオ	0	0	0	0	0	9	13	3	1	0	0	0	26
アヤトビウオ	0	0	0	0	1	0	6	16	0	9	0	1	33
トビウオ	0	1	1	1	4	42	1	21	1	2	2	2	78
ダルマトビ	0	0	0	0	1	5	5	8	5	1	0	0	25
ホソアオトビ	0	0	0	0	1	9	75	24	9	0	2	0	120
トビウオ科（1～3型）	5	2	3	3	20	52	165	56	36	54	9	5	462
アカヤガラ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
サギフエ	608	810	656	187	0	0	0	0	0	2	59	559	2,881
イセンヨウジ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ヨウジウオ	0	0	0	0	0	1	5	1	0	2	0	0	9
ヨウジウオ亜科	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3
イトウダイ	0	0	0	0	0	2	1	2	1	0	0	0	6

属・種	個体数												計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
イソトウダイ科	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
フリソゾウオ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	0	6
トウゴロウイワシ	2	7	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	16
ムキイワシ	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4
ボラ	0	4	4	0	0	0	0	0	0	28	362	55	453
ボラ科	0	0	0	0	1	1	1	3	4	0	0	0	10
アカウマス	0	0	0	0	0	0	0	76	1	3	0	0	80
カマス属	0	0	0	1	2	23	51	10	13	4	0	0	103
ウノオ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	7
ソウダカツオ属	0	0	0	0	0	45	47	54	0	0	0	0	146
イマサバ	0	0	26	36	7	3	1	0	0	0	0	0	73
マサバ	0	0	1	1	20	18	5	10	0	0	0	0	55
サバ属	13	37	223	243	175	21	5	0	0	0	0	0	717
バショウカジキ	0	0	0	0	0	0	21	39	15	1	0	0	76
メカジキ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
クロタチカマス科	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
タチウオ	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	3	0	7
エビスシイラ	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	4
シイラ	0	2	1	3	14	32	39	64	11	7	1	1	175
マルアジ	0	0	0	0	0	5	10	61	6	1	1	0	84
ムロアジ属	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
マアジ	19	147	199	170	260	89	71	81	73	32	72	1	1,214
カイワリ	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	4
カイワリ属	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
ヒラマサ	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	4
ブリ	0	0	29	111	456	52	4	0	0	0	0	0	652
カンパチ	0	0	0	1	19	29	17	82	24	24	0	0	196
ブリモドキ	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
アジ科（1～3型）	0	2	1	0	8	4	12	17	3	2	1	0	50
イケカツオ	0	0	0	0	0	0	0	3	7	3	0	0	13
ヒイラギ科	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
タカベ	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	74	0	81
イボダイ	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3
ハナビラウオ	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	6
ユボンダイ	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3
エボシダイ科	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	0	0	7
ハタンポ	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	7
イシダイ	0	0	0	0	0	4	6	22	0	0	0	0	32
インガキダイ	0	0	0	5	4	5	0	0	0	0	0	0	14
テンジクダイ	0	0	0	0	0	0	6	49	5	5	0	0	65
マツダイ	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	8
ムツ	7	19	3	3	0	0	0	0	0	0	2	3	37
スズキ	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
ハタ亜科（1～3型）	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	3	19
キス	0	0	0	0	2	88	245	376	46	20	1	0	778
メジナ	104	109	150	78	15	6	0	0	0	7	217	320	1,006
メジナ属	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	10	23
イスズミ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
テンジクイサギ	0	0	0	0	0	15	33	79	78	132	20	1	358
クロサギ	0	0	0	0	0	0	1	38	4	10	0	0	53
ダイミョウサギ	0	0	0	0	0	2	1	46	7	3	0	0	59
チダイ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	30	20	61
クロダイ	0	0	0	0	21	84	17	25	0	0	0	0	147
マダイ	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	4

属・種	個体数												計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
タイ科	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2	14
フエダイ科（1－3型）	0	0	0	0	0	0	0	42	0	2	5	1	50
イサキ科	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
シマノサキ	0	0	0	0	0	39	249	1,075	561	295	3	0	2,222
タウノハダイ	74	12	1	0	0	0	0	0	0	114	637	1,316	2,154
タカノハダイ属（ミギマキ）	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ワニギス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	10
アオミンマ	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	15	1	32
ミンマオコゼ科	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
ネズッポ属	0	0	0	0	1	0	2	2	0	4	3	4	16
イウナゴ	0	142	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	147
イソギンポ	0	0	0	1	29	54	73	65	33	23	16	0	294
ベラ	0	0	0	0	0	2	18	8	13	5	2	1	49
ニジギンポ	0	0	0	0	1	7	55	153	56	58	29	4	363
イソギンポ科（1－3型）	0	0	0	0	2	15	20	18	51	53	16	0	175
イタチウオ科（1－2型）	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	3	7
シロウオ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6	0	13
ハゼ亜目（1－3型）	0	0	0	0	0	0	4	21	3	12	1	6	47
スズメダイ	0	0	0	0	35	0	35	41	29	11	1	1	153
ソラスズメダイ	0	0	0	0	0	0	1	16	8	2	1	0	28
オヤビッチャ	0	0	0	0	58	14	42	105	83	32	28	1	363
スズメダイ科の（1－3型）	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
ベラ科（1－3型）	1	2	0	0	0	3	2	9	0	7	30	5	59
カゴカキダイ	0	0	0	0	0	0	6	1	0	1	18	4	30
ヒンダイ	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	0	0	6
チョウチョウウオ科	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ニザダイ科	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
アイゴ	0	0	0	0	0	4	11	79	4	6	0	0	104
アミモンガラ	0	0	0	0	0	2	2	19	9	9	0	2	43
サメハダモンガラ	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4
モンガラカワハギ科	0	0	0	0	0	1	0	7	5	0	0	0	13
カワハギ	0	0	0	1	73	159	221	552	79	133	1	0	1,219
ヨソギ	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
アミメハギ	0	0	0	0	0	1	3	48	39	10	1	1	103
ウマズラハギ	0	0	0	0	1	12	3	1	0	0	0	0	17
ウスバハギ	0	0	0	2	37	1	0	0	0	0	0	0	40
ソウシハギ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
カワハギ科	0	0	0	0	2	6	3	10	18	6	1	0	46
ウミスズメ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
サバフグ	0	0	0	0	1	4	73	61	2	2	0	0	143
フグ科（1－3型）	0	0	3	4	3	14	24	91	31	10	19	3	202
ハリセンボン	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
メバル	0	10	1	41	5	0	0	0	0	0	0	0	57
メバル属	9	20	0	46	13	0	4	7	0	9	6	5	119
ヒレナガカサゴ	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
オニオコゼ	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	5
フサカサゴ科	0	0	0	2	0	0	3	7	0	0	1	0	13
アイナメ	12	31	4	3	0	0	0	0	0	0	0	4	54
コチ科	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3
ホウボウ	6	2	6	1	0	0	0	2	1	7	7	7	39
ホシセミホウボウ	0	0	0	0	0	22	0	6	2	3	1	0	34
ヒラメ	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3
ダルマガレイ	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	7
ダルマガレイ属の（1－3型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4

属・種	個体数												計
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
ヒラメ科	0	0	0	0	0	0	1	0	1	6	1	1	10
メイタガレイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
カレイ科	0	0	0	17	0	0	3	8	7	7	7	0	49
ウシノシタ科(1－5型)	0	0	1	0	7	2	2	3	4	2	6	1	28
サイウチ	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	6	5	16
アンコウ	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3
アンコウ科	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3
ハナオコゼ	0	0	0	0	8	7	2	1	0	0	0	0	18
イザリウオ属	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ヒメジ	0	0	2	10	90	345	1,187	684	802	1,672	486	259	5,537
ヒメジ科	0	0	0	0	1	25	25	26	37	128	54	2	298
アウアマダイ	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2

土佐湾陸棚崖産の底魚類の食性の研究

工藤晋二・通山正弘・岡村牧・森田正一

FOOD STUDIES OF BOTTOM FISHES IN CONTINENTAL SLOP OF TOSA-WAN*

Sinji KUDŌ, Masahiro TŌRIYAMA, Osamu OKAMURA **
and Syoichi MORITA ***

During the early summer of 1968, a research for the living things inhabiting the continental slope was made in Tosa Wan, and as the result 112 species of fishes were obtained. In order to make clear the food habits of these fishes, 25 representative species listed in Table 1 were picked up and the stomach contents were examined qualitatively and quantitatively.

Through analytical investigation, we noticed that the group feeding rate (the ratio of the fishes with stomach contents to whole individuals in each sampling group) ranged from 40 to 80 percent, though the diurnal periodicity of feeding activity was not so remarkable.

Considering the frequency distribution of the stomach content index, these 25 species were divided into five ecological forms. From the trophic level, we determined the rate of the plankton-feeder, benthos-eater and Nekton-predator to the total catch, and the resultant value was 19.5, 45.2 and 35.1 percent, respectively. The result was roughly in accordance with the case of the bottom fishes catched by the middle trawlers on the continental shelf.

筆者らの既往の研究によって、太平洋南区の底魚群集は、陸棚における群集（磯魚群集を含む）と陸棚崖の群集とに大別される。前者についての生物社会構造、食物連鎖、栄養段階などを知るための食性研究では多くの知見を得られており、生態学的研究に用いられてきた。しかし後者についての食性研究は、あまり行われていなかった。

さいわい、高知県および同県沖合底びき網漁業協同組合が、土佐湾における沖合底びき網漁業の新漁場開発を目的に、陸棚崖で同漁業の試験操業を実施し、有効な成果を得た。

それらの漁獲物を用いて、陸棚崖の底魚類の食性に関する若干の知見を得たので報告する。

本文を御校閲下さった外海資源部長浜部基次博士、本研究の機会を与えて下さった高知県水産課長大埼勘助氏（当時）、高知県沖合底びき網漁業協同組合長池田利喜氏（当時）、標本の採集に協力下さった高知県高知漁業指導所長奴田原耕衛氏、松木征史技師、黒川成爾技師、安芸漁業指導所広田仁志技師に深く謝意を表します。

---

* 昭和44年9月10日受理　南西海区水産研究所業績14号

** 高知大学文理学部生物学教室

*** 高知県水産試験場

資　料

1968年5月10日より6月9日にわたって、室戸崎より足摺崎までの土佐湾の400～500m深の海域での、昼間の試験操業が実施された。筆者らは漁獲物の資源生物学的調査に協力し、その調査結果の概況は既に発表した。（1968）

標本は試験船に乗船している高知県漁業監督吏員により、主要魚種について1日10尾～20尾がランダムに採集され、標本ごとに、月日、時刻、漁場、水深、網次、漁獲量、他魚種別漁獲量などが記録された。すべての標本は船上で10%ホルマリン溶液に浸漬、研究室に持ち帰り、胃内容物調査および各種の生物調査を実施した。胃内容物については、plankton と Benthos は目（Order）程度で分類し、Nekton は可能な限り種（Species）まで分類するようにした。

結　果

この期間にみられた魚種は 112種で、それぞれの種名は Appendix　Table 1に示し、銘柄別漁獲量を Fig 1に示した。それらの内で比較的漁獲量の多かった25種について、Table 1に示される尾数を調査した。

1．標本の体長組成*

各魚種の標本体長組成を Fig.1 に示してある。これらについて概説すると

a．ヤモリサメ：

c．フジクジラ：両種とも全長約60cm未満の小型のサメ類である。標本では31～41cmの範囲の魚体であって、小、大型魚の漁獲はみられなかった。

e．ニギス：10～17cmの範囲の魚体が多く、小型魚の漁獲はみられなかった。

f．アオメエソ：6～15cmの範囲の魚体がみられ、8、10～14cmの魚体が多かった。8cm級の魚体は室戸崎に近い漁場で漁獲された。

g．ソトオリイワシ：8～11cmの範囲の魚体であった。

h．サンゴイワシ：6～13cmの範囲の魚体であった。

j．ハダカイワシ：10～13cmの範囲の魚体が殆んどであり、例外的に6cmと8cmの2尾がみられた。本種の小型魚は各魚種の胃内容物として、よく出現した。

j．シャチブリ：肛門長20～26cmの範囲の魚体であった。

k．オキアナゴ：肛門長8～17cmの範囲の魚体がみられ、11～14cmの魚体が多かった。レプト状の幼魚も少量みられた。

l．ヒウチダイ：7～13cmの範囲の魚体であった。

m．ギンメ：調査尾数が少いが、16cm前後の比較的大型の魚体であった。

n．スミクイウオ：11～19cmの範囲で13、14cm、17cm前後の魚体が多かった。

o．オオメハタ：7～9cmの範囲の魚体であった。

p．シマイタチウオ：肛門長4～7cmの範囲の魚体であった。

q．ユメカサゴ：11～23cmの範囲で、13～18cm級の魚体では、その組成は一様分布に近く、特徴のない組成であった。

r．マルカワカジカ：12～14cmの範囲の魚体がみられた。

s．ネズミヒゲ：肛門長2～7cmの範囲の魚体がみられた。ソコダラ科 Coryphaenoididae では中型の魚種である。

t．トウジン：肛門長4～13cmの範囲の魚体であった。ソコダラ科では比較的大型の魚種である。

u．スジダラ：肛門長2～6cmの範囲の魚体で4、5cm級が多い。

v．イトダラ：肛門長2～5cmの範囲で、3cm前後の魚体が多く、スジダラ、サガミソコダラなどと共に小型の魚種である。

w．サガミソコダラ：肛門長2～6cmの範囲で、2、4cm前後の魚体が多い。

---

*特にことわりのない場合は、吻端～尾鰭基底部の長さで示す。

x．ミサキソコダラ：調査尾数が僅かであるが、肛門長29cm前後の魚体であった。

y．キシュウヒゲ：肛門長１～16cmの範囲で、３、８、11cm前後にピークのみられる組成を示す。ソコダラ科の魚種では、一番小、大型魚とも漁獲された魚種である。

以上のように特に幼期の魚体については漁獲されていない。

2．群捕食率

各魚種の一標本群内での捕食の割合（胃内容物の存否の割合）をみるために、先に用いた方法（工藤・通山、1963）と同じく、一標本群の尾数に対する胃内容物の存在していた尾数の割合の百分率を用いて表現し、群捕食率とした。標本群数の多い11種の群捕食率を Table 2. に示してある。

f．アオメエソ：群捕食率30%以下の２群、70%以上の８群に大別され、平均で75%になる。30%以下の２群についてみると、漁獲時刻、魚体の大きさなどについては、他の標本群と差違はみられない。しかし餌料種でみると、前者はNekton を捕食している度合いが大きく、後者はPlankton、Benthos を捕食している場合が多いようである。

h．ハダカイワシ：群捕食率20%以上の群であり、91%以上が３群みられるが、特徴はみられず、平均では67.5%になる。

k．オキアナゴ：31群の調査結果では、25%以下に３群、96%以上に５群（３群は 100%）がみられ、66～70%の群が比較的多いようである。平均で63.1%になり、漁獲時刻、体長、漁場などとの関連は薄いようで、Benthos を捕食する場合、群捕食率がやや大きくなる傾向がある。

n．スミクイウオ：18群のうち、群捕食率が５%の群がみられ、100%の３群もみられる。16～70%の群が多く、平均で45.2%になる。

q．ユメカサゴ：群捕食率86%以上の３群がみられるが、36～70%の群が多く、平均で63.2%になる。スミクイウオと同じく、漁獲時刻、体長、漁場、餌料種などとの関連は薄いようである。

s．ネズミヒゲ：群捕食率31～80%の６群であり、低、高率の群がみられず、平均で51.6%になる。

t．トウジン：群捕食率46～85%の４群であり、低、高率の群がみられず、平均で63.5%になる。

u．スジダラ：12群のうち、55%以下の２群、71%以上の10群に大別される。しかし両群について、特に関連する要因は考えられない。平均では77.5%になる。

v．イトダラ：群捕食率０の１群がみられ他は21～75%の範囲で、平均で33.9%になる。

w．サガミソコダラ：群捕食率36%以上の28群があり、そのうちで96%以上の11群がみられることが、他種と異なる点であろう。これらの両群について、特に関連する要因は考えられない。平均で82.8%になる。

y．キシュウヒゲ：群捕食率 100%の１群を除けば、70%以下であって、46～50%の標本がヤヤ多いようである。平均では39.7%でイトダラと共に低率である。

魚類の日週期的な摂餌活動を知るためには、漁獲時刻別標本について胃内容物の種類、量、消化の程度などをみて推定する方法と飼育による実験的方法とがあろう。今回の調査では夜間漁獲された標本が無いので、前法による日週期的摂餌活動は推測することはできなかった。一方精度は低下するが、群捕食率を各群について算出することによって、摂餌活動の日週期変化を推測することができる。（工藤・通山、1963）。これからすればTable 2より、約半数の魚種には、日週期変化が存在するようにもみえる。そこで昼間漁獲の各魚種の時刻別平均胃内容物重量をみると、６～８時、８～10時、10～12時、12～14時、14～16時の各時間帯で、アオメエソでは1.5ｇ、1.1ｇ、1.4ｇ、2.8ｇ、スミクイウオでは1.1ｇ、0.7ｇ、0.3ｇ、0.6ｇ、ユメカサゴでは1.9ｇ、0.4ｇ、1.0ｇ、3.3ｇ、2.2ｇ、キシュウヒゲでは1.0ｇ、1.3ｇ0.2ｇ、0.1ｇ、1.8ｇであり、これらの時間帯内では日週期変化はみられないようである。サガミソコダラは、1.1ｇ、0.2ｇ、0.6ｇ、0.3ｇを示し、ハダカイワシでは0.5ｇ、0.5ｇ、0.1ｇ、0.3ｇ、0.1ｇを示しているので日週期変化が考えられそうでもあるが確かではない。このことは資料を集結して今後明らかにする予定である。

3．餌生物の種類

各魚種の胃内容物の種類、合計重量をまとめて、Table 3に示してある。

a．ヤモリザメ：

b．ナヌカザメ：

c．フジクジラ：尖頭歯をもつこれらの3種は魚類Pisces を捕食することが多いようで、魚名が判明したのは、ハダカイワシ、サガミハダカ、スミクイウオおよびシロカサゴで、その他に頭足類Cephalopoda が捕食されている。オキアミ類Euphausiacea については直接捕食したのか、餌料魚が捕食していたものかはっきりしない。

d．ギンザメ：オキアミ類の捕食がみられたが、多毛類Polychaeta、クモヒトデ類Ophiuroidea などに属する底生生物を捕食する魚種であろう。

e．ニギス：日向灘産の本種の調査結果ではオキアミ類が多く食われていたが、今回の調査では多毛類の捕食例が多く、魚類の消化物もみられた。

f．アオメエソ：小型のエビ類Macrura の捕食例が多く、一度の捕食尾数が多い。オキアミ類も捕食され、魚類ではハダカイワシの小型魚の捕食が多く、オキアナゴ、スジダラ、イトダラ、などの捕食もみられた

g．ソトオリイワシ：ハダカイワシの小型魚と小型のエビ類の捕食例がみられた。

h．サンゴイワシ：オキアミ類の捕食がみられた。

i．ハダカイワシ：オキアミ類の捕食例が一番多く、本種の幼魚の捕食（共食い）の例が多い。エビ類の捕食例も若干みられる。

j．シャチブリ：エビ類の幼型の捕食例があった。

k．オキアナゴ：魚類の捕食例が多く、なかでもハダカイワシの捕食例が多くみられた。全長29.1cmの本種が全長11.2cmのハダカイワシを捕食していた例がある。全長の約10～38%の大きさの餌生物を捕食しており、平均では、18.4%になる。頭足類の捕食例も多いが、頭足類の捕食の場合は体の一部分（主として腕）が食われている例が多い。エビ類の捕食例も割合多い。

l．ヒウチダイ：調査尾数が少ないが、魚類と端脚類Amphipoda の捕食がみられた。

m．ギンメ：小型のエビ類と魚類の捕食例があった。

n．スミクイウオ：魚類の捕食例が多く、うちでもハダカイワシ、ナメハダカなどの捕食例が多い。全長19.0cm、18.3cmの本種が全長15.1cm、12.6cmのナメハダカ、ハダカイワシを捕食していた例がある。本種の大きさの25～79%の大きさの餌生物を捕食し、平均では46.8%になり、比較的大きな餌生物を捕食する性格が強いようである。オキアミ類、エビ類、および頭足類の捕食例も若干みられ、ツルウナギの捕食例が特徴であろう。

o．オオメハタ：オキアミ類の捕食がみられた。

p．シマイタチウオ：エビ類、オキアミ類、魚類の捕食がみられた。

q．ユメカサゴ：魚類の捕食が多く見られ、なかでもハダカイワシ科 Myctophidae の魚類の捕食例が多く、全長24.4cmの本種が全長13.5cmのオオクチイワシを捕食していた例があり、本種全長の20～55%の大きさの餌生物を捕食しており、平均で31.9%になる。クモヒトデ類とエビ類の捕食がみられ、全長17.9cmの本種が全長10.0cmのヒカリチヒロエビAristaeus virilis（BATE）を捕食していた例があった。

r．マルカワカジカ：クモヒトデ類の捕食例がみられた。

s．～y．ソコダラ科

本科の魚種はオキアミ類、端脚類、およびエビ類の捕食例が多く、ネズミヒゲは端脚類の捕食が多く、多毛類、オキアミ類の捕食が少例みられた。トウジン、スジダラは、オキアミ類、エビ類の捕食例が多い。イトダラ、ミサキソコダラはオキアミ類を捕食していた。サガミソコダラもオキアミ類の捕食例が多くエビ類も割合多くみられ、ソコダラ科では珍らしく、ハダカイワシの捕食例が本種の大型魚にみられた。撓脚類 Copepoda の捕食があった。キシュウヒゲでは魚類の捕食例が多くみられ、本種の肛門長12.5cmの大型魚が全長11.6cmのハダカイワシを捕食した例がある。エビ類、オキアミ類、端脚類の捕食もみられる。次に同一魚の胃内容物がPlankton、Benthos、Nekton に大別して、単一の生活型のものが、捕食されていたか、複数の生活型のものを捕食していたかをまとめて、捕食魚尾数でTable 4 に示してある。これらを

TANAKA、アカシタビラメAreliscus joyneri (DIINTHER)、アカゴチ Bembras japonicus CUVIER et VALENCIENNES、などの魚種がみられ、これらは底生生物捕食種と判定されている。1・3型に相当する魚種は特にみられない。2・1型にヨメゴチCalliurichthys japonicus (HOOTTUYN)、メゴチSuggrundus meerdervoorti (BLEEKER)、ゴテンアナゴAnago anago (TEMMINCK et SCHLEGEL) などの魚種があり、これらも底生生物捕食種と判定されている。2・2型にはイイジマダルマカレイPsettina ijimai (JORDAN et STARKS)、メイタカレイ Pleuronichthys cornutus (TEMMINCK et SCHLEGER)、カワラガレイPoecilopsetta plinthus (JORDAN et STARKS)、キスSillago sihama (FORSKAL)、アカヤガラ Fistularia petimba Lacepeoege、イボダイPsenopsis anomala(TEMMINCK et SCHLEGEL) などの魚種がみられ、前4種は底生生物捕食種、後2種はプランクトン捕食性種と判定されている。これらより陸棚と陸棚崖との底魚類の胃内容物重量指数の頻度分布の型とTrophiclevel との関連でみると、1・1型には魚食性種が多いことが共通してみられるが、他の型については相違しているようだが、この点は今後究明していきたい。

5.考　察

以上の資料を用いて、大陸棚崖の底魚類の摂餌習性を分析するために、各魚種の胃に出現する餌料生物をPlankton、BentlosおよびNektonの3生活型に大別し、その重量組成を百分率で表し、各餌料への依存度とし、三角グラフでFig.4に示した。各魚種の調査尾数は同数ではないけれども、70%以上を占める胃内容物の生活型をもって、その魚種の栄養段階とすれば、Plankton への依存度の大きい種としては、サンゴイワシ、シャチブリ、オオメハタ、イトダラおよび、スジダラがみられ、ハダカイワシ、ザガミソコダラ、トウジンなども50%以上でPlankton に対する依存度が比較的大きい。

Benthosへの 依存度の大きい種としては、ニギス、アオメエソ、ギンメ、ネズミヒゲおよびマルカワカジカがみられ、ギンザメやソトオリイワシなども50%以上で依存度が比較的大きい。

Nekton への依存度の大きい魚種としては、ナヌカザメ、フジクジラ、スミクイウオ、オキアナゴ、ユメカサゴ、ヤモリザメおよびヒウチダイなどがみられ、キシュウヒゲも50%以上で依存度が大きいといえよう。もう少し詳しくみると、25種のうちで、胃内に餌料として捕食されていなかった魚種としては、ヤモリザメ、ナヌカザメ、フジクジラ、ギンザメ、ニギス、アオメエソ、ソトオリイワシ、シャチブリ、ヒウチダイ、ギンメ、オオメハタ、ユメカサゴ、マルカワカジカ、ソコダラ科の魚種などがみられる。サメ類、カサゴなどの他に、ヒウチダイ、ギンメ、オオメハタなど体高の大きい魚種がある。ニギス、アオメエソ、ソトオリイワシなど捕食される機会があるように考えられるが、同じような生態型の他魚種に比較して、捕食魚との遭遇の度合いが低いのか、資源量そのものが小さいのかはよくわからない。餌料魚としてはハダカイワシ科、オキアナゴ、ツルウナギ、スミクイウオ、スジダラ、イトダラなどがある。これらのうち、オキアナゴ、ツルウナギ、スミクイウオなどの捕食される例は少なく、ハダカイワシ科の魚種が大陸棚崖での魚食性底魚類の主要餌料魚種になっているといえよう。Nekton への依存度が50%以上の魚種でありながらも、他魚の餌料生物として胃内にみられる魚種にスミクイウオ、オキアナゴがあり、サメ類、ヒウチダイ、キシュウヒゲは栄養段階上、比較的上位にある魚種とみられる。

Benthos への依存度が50%以上の魚種の、胃内容物としてみられる餌料生物を大別すると、端脚類、エビ類への依存度が高く、カニ類 Brachyura、ヤドカリ類Anomura、クモヒトデ類、多毛類などへの依存度は低い。Plankton への依存度が50%以上の魚種の餌料生物としてはオキアミ類が大部分であって、撓脚類などは幼魚期の餌料としては重要であろうが、漁獲対象 size の底魚では依存度は極めて低い。

各魚種のPlankton、Benthos、Nekton 別の胃内容物重量組成をもって、この期間の各魚種漁獲量を3区分して、それらを集計してみると、

1. Planktn 捕食魚漁獲量1318㎏ (19.5%)
2. Benthos 捕食魚漁獲量* 3047㎏ (45.2%)
3. Nekton 捕食魚漁獲量2362㎏ (35.1%)

まとめて考察すると、ナヌカザメ、ソトオリイワシ、シャチブリ、ヒウチダイ、オオメハタ、ネズミヒゲの各魚種は、それぞれPlankton、Benthos、Nekton の違いはあるが、何れも単一の生活型の餌料群を捕食している。ニギス（17例でオキアミ類と多毛類の同時捕食の１例を除いて）、ハダカイワシ（77例で魚類とオキアミ類の同時捕食の５例、魚類とエビ類の同時捕食の１例を除いて）スジダラ（124例で魚類とオキアミ類の２例を除いて）の各魚種もPlankton、Benthos、Nektonの何れかの単一の生活型の餌料群を捕食する傾向があるといえよう。反対にフジクジラ（７例で魚類、頭足類とオキアミ類の２例）、オキアナゴ（226例で魚類とオキアミ類の10例、魚類とエビ類の33例を含めて51例）、ユメカサゴ（85例で魚類とオキアミ類の７例、魚類とエビ類の６例を含めて18例）、キシュウヒゲ（51例で魚類とエビ類の２例、エビ類と端脚類の３例を含めて10例）の各魚種は、Plankton、Benthos、Nekton内のいずれかの、二つの生活型の餌料種にわたって同時に捕食していることが、やや多いようである。

4．胃内容物重量

前記のように、各魚種は各種の餌料生物を捕食しているが、どのくらいの重量の餌を捕食するかをみるために、胃内容物重量指数（捕魚の体重と胃内容物重量の比の百分率）を計算して、その頻度分布をFig.3に示してある。胃内容物を調査した場合、オキアナゴ、スミクイウオ、ソコダラ科の魚種では胃の反転している魚体が比較的多くみられた。これらの魚体は計算から除いてある。胃内容物０の割合が全体の70%以上の魚種にはサンゴイワシ、シマイタチウオ、ミサキソコダラがみられ、50%以上にはヤモリザメ、ナヌカザメ、シャチブリ、ヒウチダイ、スミクイウオ、オオメハタ、イトダラなどがあり、反対に20%以下にはニギス、アオメエソ、ソトオリイワシ、マルカワカジカ、スジダラ、サガミソコダラなどがみられる。胃内容物重量指数の平均値でみると、オキアナゴ4.53%、ナヌカザメ4.00%、アオメエソ3.18%、サガミソコダラ2.28%、スジダラなどの値が大きく、ギンザメ、サンゴイワシ、シャチブリ、ヒウチダイ、ギンメ、オオメハタ、シマイタチウオ、トウジン、イトダラ、ミサキソコダラなどは 0.9%以下で値は小さい。指数の大きい例としては、アオメエソで18.6%、ハダカイワシで10.5%、オキアナゴで23.5%、スミクイウオで 9.6%、ユメカサゴで12.9%、スジダラで11.1%、サガミソコダラで18.1%、キシュウヒゲで14.8%の例がある。これらの例の殆どの場合は、大型の餌料魚を１尾捕食していた。指数の頻度分布の型をみると

1．Peakの不明瞭な魚種

1・1　０の比率が割合高く、分布の巾が広い魚種……ナヌカザメ、フジクジラ、スミクイウオ、ユメカサゴ、キシュウヒゲ

1・2　０の比率が割合高く、分布の巾が狭い魚種……ヤモリザメ、サンゴイワシ、シャチブリ、ヒウチダイ、オオメハタ、シマイタチウオ、イトダラ、ミサキソコダラ

1・3　０の比率が低く、分布の巾が広い魚種……オキアナゴ

2．Peakの明瞭な魚種

2・1　分布の巾の広い魚種……アオメエソ、ハダカイワシ、スジダラ、サガミソコダラ

2・2　分布の巾の狭い魚種……ソトオリイワシ、マルカワカジカ、ネズミヒゲ、トウジン

ギンザメ、ニギス、ギンメの型は資料数が少なくよく判らない。

このような各型に区分されるが、１・１型には魚性種が多く、１・２型にはプランクトン食性種が多く、２型にはプランクトン食性種、底生生物食性種が多いようである。このような型の相違が起る原因は各魚種の体形、餌料生物、口器、消化器管の形状、機能、摂餌時刻など各種の要因が考えられるが、これらの点も今後究明すべき点であろう。

これらの結果を、陸棚産の底魚類（横田　1956、工藤・通山、1963）と比較してみると、１・１の型にマエソSaurida undosquamis（RICHARDSON）、トカゲエソSelongata（TEMMINCK & SCHLEGEL）カマス属Sphyraena BLOCH et SCHNEIDER、オキエソTrachinocephalus myops （SCHNIDER）、ワニギスChampsodon ssyderi FRANZ、および、サバフグLagocephalus lunaris（BLOCH et SCHNEIDER）などの魚種がみられ、これらは魚食性種と判定されている。１・２型にはヒメコダイCnelidoperca hirundinacea（CUVIER et VALENCIENNES）、チダイ Evynmis japonica

のようになる。1962年の太平洋南区の大陸棚での沖合底びき網漁獲物の場合（工藤、1966）と較べると

1 Plankton　捕食者の割合は南日向灘、薩南海域を除いて大差はない。

2 Benthos　捕食者の割合は伊予灘を除いて大差はない。

3 Nekton　捕食者の割合は伊予灘を除いて大差はない。

土佐湾の大陸棚での沖合底びき網漁獲物と比較しても、Plankton、Benthos 捕食魚の割合が若干低く、Nekton捕食者の割合が若干高いようだが大差はないといえよう。

要　　約

1968年5、6月に土佐湾の陸棚崖で漁獲された底魚類の胃内容物を調査し、食性に関する知見を得た。

1　調査は漁獲物sizeのものについて実施した。

2　各魚種の群捕食率をみると、40～80%位になり、摂餌活動の日周期的変化はあまり顕著でない。

3　各魚種別に、胃内容物の種類を調べて、Plankton、Benthos、Nektonに大別した。

4　胃内容物重量指数の頻度分布の型で、25魚種を5型に類型化が可能である。しかしこれらの型と類型化された魚種との関連についての考察は充分にできなかった。

5 Trophic　level　より漁獲量をPlankton食性魚、Benthos食性魚、Nekton捕食魚の各漁獲量に区分して百分率でみると、それぞれ19.5%、45.2%および35.1%であって、陸棚での沖合底びき網漁獲物の場合と大差はみられなかった。

文　　献

工藤晋二・通山正弘・1963：マエソの食性について。南水研報告(19)1―19

工藤晋二・1966：太平洋南区の底魚類の生態学的研究(II)。南水研報告(24)59―102

高知県・南西水研・高知大学・1968：沖合底びき網漁業試験操業報告書（プリント）

横田滝雄・1956：食性より見た魚類の群集について。南水研報告(2)73―83

横田滝雄他3名、1963：太平洋南区の底魚資源について、南水研報告(18)45―66

＊エビ類の餌料種については、問題があるが、ここでは一応Benthos捕食種として包括した。

Table 1. Japanese, scientific name and number of specimen examined in this report.

	Japanese name	Scientific name	Number of specimens
a	ヤモリザメ	Galeus eastmani (JORDAN et SNYDER)	28
b	ナヌカザメ	Cephaloscyllium umbratile JORDAN et FOWLER	4
c	フジクジラ	Etmopterus lucifer JORDAN et SNYDER	13
d	ギンザメ	Chimaera phantasma JORDAN et SNYDER	3
e	ニギス	Argentina semifasciata KISHINOUYE	24
f	アオメエソ	Chlorophthalmus albatrossis JORDAN et SNYDER	151
g	ソトオリイワシ	Neoscopelus macrolepidotus JOHNSON	16
h	サンゴイワシ	Neoscopelus microchir MATSUBARA	11
i	ハダカイワシ	Diaphus coeruleus KLUNZINGER	112
j	シャチブリ	Ateleopus japonicus BLEEKER	20
k	オキアナゴ	Congriscus megastomus (GÜNTHER)	326
l	ヒウチダイ	Hoplostethus mediterraneus CUVIER et VALENCIENNES	24
m	ギンメ	Polymixia japonica STEINDACHNER	7
n	スミクイウオ	Synagrops japonicus (STEINDACHNER et DÖDERLEIN)	155
o	オオメハタ	Malakichthys griseus STEINDACHNER et DODERLEIN	22
p	シマイタチウオ	Neobythites fasciatus SMITH et RADCLIFFE	75
q	ユメカサゴ	Helicolenus hilgendorfi (STEINDACHNER et DÖDERLEIN)	151
r	マルカワカジカ	Marukawichtys ambulator SAKAMOTO—MATSUBARA	11
s	ネズミヒゲ	Coelorhynchus anatirostris JORDAN et GILBERT	32
t	トウジン	Coelorhynchus japonicus (TEMMINK et SCHLEGEL)	58
u	スジダラ	Hymenocephalus striatissimus JORDAN et GILBERT	186
v	イトダラ	Hymenocephalus lethonemus JORDAN et GILBERT	87
w	サガミソコダラ	Ventrifossa garmani (JORDAN et GILBERT)	336
x	ミサキソコダラ	Ventrifossa misakia (JORDAN et GILBERT)	7
y	キシュウヒゲ	Coelorhynchus smithi GILBERT et HUBBS	199

Table 2. Frequency distribution of the group feeding rate.

Fish name / Gronpfeeding rate	アオメエソ	ハダカイワシ	オキアナゴ	スミクイウオ	ユメカサゴ	ネズミヒゲ	トウジン	スジダラ	イトダラ	サガミソコダラ	キシュウヒゲ
0%									1		
1～ 5				1							1
6～ 10											1
11～ 15			1								1
16～ 20				3							1
21～ 25	1	1	2	1					1		2
26～ 30	1			2					1		1
31～ 35		1		1		1		1	2		4
36～ 40			2	1	2	1				1	2
41～ 45			2	2							
46～ 50		1	2	1	2	2	1		1	2	6
51～ 55			1					1			1
56～ 60			1	2	3					1	3
61～ 65		1	2		1		1			2	
66～ 70	1	1	7	1	2	1	1				1
71～ 75	1		3					1	1	3	
76～ 80		2	2			1		1			
81～ 85	3						1	3		1	
86～ 90			1		1			4		3	
91～ 95	2	1								4	
96～100	2	2	5	3	2			1		11	1
Mean %	75.0	67.5	63.1	45.2	63.3	51.6	63.5	77.5	33.9	82.8	39.7
Number of sampling group	10	10	31	18	13	6	4	12	7	28	25

3. Food organisms and it total weight taken from the stomachs of each fishes (unit : g)

Prey name \ Predator name	ヤモリザメ	ナヌカザメ	フジクジラ	ギンザメ	ニギス	アオメエソ	[illegible]	[illegible]	ハダカイワシ	[illegible]	オキアナゴ	ヒウチダイ	キンメ	スミクイウオ	オオメハタ	シマイタチウオ	ユメカサゴ	マルカワカジカ	ネスミヒゲ	トウジン	スジダラ	イトダラ	サガミソコダラ	ミサキソコダラ	キシュウヒゲ
Copepoda																							3.0		
Euphausiacea	1.6		2.2	0.4	0.3	18.4		0.3	24.1		10.1			3.6	1.3	0.7	5.7		0.2	5.8	31.3	1.1	92.2	0.2	8.0
Paractinopoda																	0.4								
Zygophiurae				0.4										0.6			28.7	3.5							
Brachyura																									1.0
Anomura																									1.9
Macrura	2.6		2.9			77.4	2.5		3.6	0.8	93.5		3.1	2.9		0.8	27.5			3.7	11.2		52.6		22.0
Amphipoda												0.2							7.3	0.2			5.9		4.0
Polychaeta				0.3	2.2						0.3								0.2	0.1			0.3		2.1
																	22.0								
Myctophum affine																	61.6								2.6
Diaphus coeruleus	1.7					4.9	2.3		7.5		104.7			22.9									7.4		14.3
D. sagamiensis			0.5								6.0						10.0								
Notoscopelus elongatus																									
Lestidium prolixum									1.0					25.6											
Congriscus megastomus						1.1											4.0								
Nemlichthys scolopaceus														8.0			2.0								
Synagrops japonicus			9.0								4.0														
Lycodes Caudimaculatus														2.7											
Setarches fidjiensis	0.4																								
Stlengis misakis														1.0											
Tarphops oligolepis														0.5											
Hymenocephalus striatssimus						0.3																			
H. lethonemus						0.4			2.0		3.9						6.9								
Pises (digestive)	5.2	7.6	15.0		0.5	4.8			5.5		157.7	0.5	0.6	31.9		0.3	65.2						8.4		36.1
Cephalopoda	2.7	0.4	2.0								100.8			3.0			32.0								0.5
Total	14.2	7.9	31.8	1.1	3.0	107.3		0.3	41.7	0.8	480.5	0.7	3.7	102.7	1.3	1.2	266.0	3.5	7.7	9.8	42.5	1.1	109.8	0.2	92.5

Table 4. This table show the one of feeding action estimated with the life type of contents in the same stomack.

Predator \ Life type	Number of predator		
	Single	Cauple	Triple
ヤモリザメ	10	2	—
ナヌカザメ	2	—	—
フジクジラ	5	2	—
ギンザメ	—	1	—
ニギス	16	1	—
アオメエソ	94	13	—
ソトオリイワシ	6	—	—
ハダカイワシ	71	6	—
シャチブリ	5	—	—
オキアナゴ	174	51	1
ヒウチダイ	9	—	—
スミクイウオ	47	6	—
オオメハタ	8	—	—
シマイタチウオ	4	1	—
ユメカサゴ	67	18	—
サガミソコダラ	261	37	1
ネズミヒゲ	14	—	—
トウジン	14	3	—
スジダラ	120	2	—
キシュウヒゲ	41	10	—

Notes :

Single life type : Case of feeding either of the three life types, plankton, benthos and nekton.

Cauple life type : Case of feeding either of the two life typos. plankton, benthos or plankton or benthos, mekton.

triple life type : Case of feeding etend over the three life types.

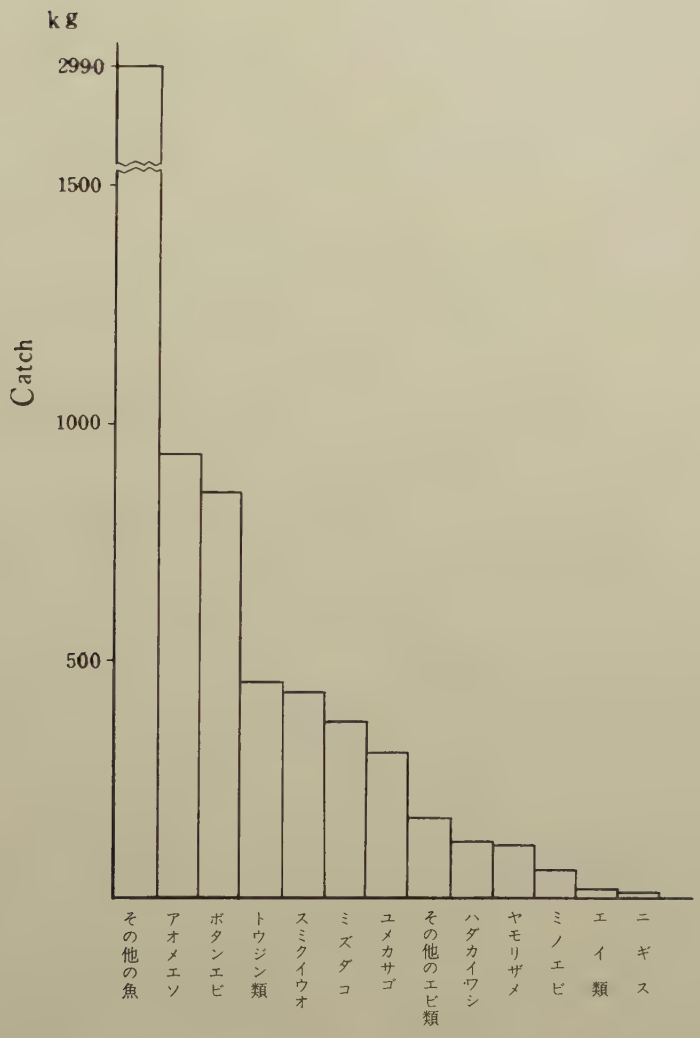
Appendix Table 1. The list of "Deep sea bottom fish" landed by trawl on KOCHI (May—June, 1968).

1	エドアブラザメ	Heptranchias perlo (BONNATERRE)
2	ヤモリザメ	Galeus eastmani (JRDAN et SNYDER)
3	ナヌカザメ	Cephaloscyllium umbratile JORDAN et FOWLER
4	ミズワニ	Carcharias kamoharai MATSUBARA
5	ツノザメ	Squalus mitsukurii JORDAN et FOWLER
6	フジクジラ	Etmopterus lucifer JORDAN et SNYDER
7	シビレエイ	Narke japonica (TEMMINCK et SCHLEGEL)
8	ヤマトシビレエイ	Torpedo tokionis (TANAKA)
9	キツネカスベ	Raja macrocauda ISHIYAMA
10	ガンギエイ	R. kenojei MULLER et HENLE
11	ソコガンギエイ	Breviraja isotrachys (GÜNTHER)
12	ガンギエイ属	Raja sp
13	ギンザメ	Chimaera phantasma JORDAN et SNYDER
14	ギ ス	Pterothrissus gissu HILGENDORF
15	カゴシマニギス	Argentina kagoshimae JORDAN et SNYDER
16	ニギス	A. semifasciata KISHINOUYE
17	ギンサケイワシ	Nansenia ardesiaca JORDAN et THOMPSON
18	ギンハダカ	Yarrella illustris (MC CULLOCH)
19	リュウグウハダカ	Y. elongata (MATSUBARA)
20	ホウネンエソ	Polyipnus spinosus GUNTHER
21	トカゲハダカ	Astronesthes ijimai TANAKA
22	ホテイエソ	Photonectes aldipinnis (DÖDERLEIN)
23	トモメヒカリ	Chlorophthalmus acutifros HIYAMA
24	アオメエソ	C. albatrossis JORDAN et SNYDER
25	ソトオリイワシ	Neoscopelus macrolepidotus JOHNSON
26	サンゴイワシ	N. microchir MATSUBARA
27	ススキハダカ	Myctophum affine (LUTKEN)
28	アラハダカ	M. asperum RICHARDSON
29	ハダカイワシ	Diaphus coeruleus KLUNZINGER
30	サガミハダカ	D. sagamiensis GILBERT
31	オオクチイワシ	Notoscopelus elongatus (COSTA)
32	ナメハダカ	Lestidium prolixum HARRY
33	シャチブリ	Ateleopus japonicus BLEEKER
34	オキアナゴ	Congriscus megastomus (GÜNTHER)
35	マアナゴ	Astroconger myriaster (BREVOORT)
36	ミナミアナゴ	Rhynchocymba sivicola (MATSUBARA et OCHIAI)
37	ツルウナギ (シギウナギ)	Nemichthys scolopaceus RICHADSON
38	キンメダイ	Beryx splendens LOWE
39	ヒウチダイ	Hoplostethus mediterraneus CUVIER et VALENCIENNES
40	ハシキンメ	Gephyroberyx japonicus (DÖDERLEIN)
41	ギンメ (ギンメダイ)	Polymixia japonica STEINDACHNER
42	アラメギンキ	Polymixia berndi GILBERT

43	マトダイ（マトウダイ）	Zeus japonicus CUVIER et VALENCIENNES
44	カゴマトダイ（カゴマトウダイ）	Zen itea (JORDAN et FOWLER)
45	ソコマトダイ（ソコマトウダイ）	Zenion japonicum KAMOHARA
46	ベニマトダイ（ベニマトウダイ）	Parazen pacificus KAMOHARA
47	ソコスミヤキ（トウヨウカマス）	Neoepinnula orientalis (GILCHRIST et VON BONDE)
48	メダイ	Ocycrius japonicus (DÖDERLEIN)
49	ハゲヤセムツ	Epigonus alherinoides (GILBERT)
50	ヤセムツ	E. robustus (BARNARD)
51	スミクイウオ	Synagrops japonicus (STEINDACHNER et DODERLEIN)
52	ホタルジャコ	Acropoma japonicum GÜNTHER
53	ハネダホタルジャコ	Acropoma hanedai MATSUBARA
54	ム ツ	Scombrops boops (HOUTTUYN)
55	ツボダイ	Quinquarius japonicus (STEINDACHNER et DÖDERLEIN)
56	アカムツ	Doderleinia berycoides (HILGENDORF)
57	オオメハタ	Malakichthys griseus STEINDACHNER et DÖDERLEIN
58	ア ラ	Niphon spinosus CUVIER et VALENCIENNES
59	シマセトダイ	Hapalogenys kishinouyei SMITH et POPE
60	オワシギンポ	Eulophias owasii OKADA et SUZUKI
61	イレズミガジ	Lycodes caudimaculatus MATSUBARA
62	シマイタチウオ	Neobythites fasciatus SMITH et RADCLIFFE)
63	シロチョウマン	Glyptophidium japonicum KAMOHARA
64	ベニカワムキ	Triacanthodes anomalus (TEMMINK et SCHLEGEL)
65	フエカワムキ	Macrorhamphosodes wadoi (KAMOHARA)
66	ユメカサゴ	Helicolenus hilgendorfi (STEINDACHNER et DÖDERLEIN)
67	キチジ	Sebastolobus macrochir (GÜNTHER)
68	ヒメヨロイカサゴ（ヒメキチジ）	Plectrogenium nanum GILBERT
69	シロカサゴ	Setarches fidjiensis GÜNTHER
70	アカカサゴ	S. longimanus (ALCOCK et MC GRICHRIST)
71	ナツハリゴチ	Hoplichthys langsdorfii CUVIER et VALENCIENNES
72	ソコハリゴチ	H. gilberti JORDAN et RICHADSON
73	マルカワカジカ	Marukawaichtys ambulator SAKAMOTO—MATSUBARA
74	トリカジカ	Ereunias grallator JORDAN et SNYDER
75	ウロコカジカ	Stlengis misakis (JORDAN et STARKS)
76	クシカジカ	S. Osensis JORDAN et STARKS
77	トンボイヌゴチ	Percis matsuii MATSUBARA
78	ヘリキホウボウ	Peristedion nierstraszi WEBER
79	ヒゲキホウボウ	Satyrichthys amiscus (JORDAN et STARKS)
80	ハナビロキホウボウ	S. murrayi (GÜNTHER)
81	カシベタ（コケビラメ）	Citharoides macrolepidotus HUBBS
82	タマガンゾウビラメ	Pseudorhombus pentophthalmus GÜNTHER
83	トサダルマ	Psetina tosana AMAOKA
84	ザラガレイ	Chascanopsetta lugubris ALCOCK
85	ヒレグロ	Glyptocephalus stelleri (SCHMIDT)
86	シマウシノシタ	Zebrias zebra (BLOCH et SCHNEIDER)

87	ヒモウシノシタ	Symphurus strictus GILBERT
88	チゴダラ	Physiculus japonicus Hilgendorf
89	ナガチゴダラ	P. inbarbatum KAMOHARA
90	カタダラ	Gadomus colletti JORDAN et GILBERT
91	イチモンジヒゲ	Coelorhynchus kamoharai MATSUBARA
92	モヨウヒゲ	C. hubbsi MATSUBARA
93	トンガリヒゲ	C. longissimus MATSUBARA
94	ネズミヒゲ	C. anatirostris JORDAN et GILBERT
95	トウジン	C. japonicus (TEMMINCK et SCHLEGEL)
96	ワニダラ	Hymenocephalus longiceps SMITH et RADCLIFFE
97	ヤリダラ	H. kuronumai KAMOHARA
98	スジダラ	H. striatissimus JORDAN et GILBERT
99	イトダラ	H. lethonemus JORDAN et GILBERT
100	マンジュウダラ	Malacocephalus laevis (LOWE)
101	サガミソコダラ	Ventrifossa garmani (JORDAN et GILBERT)
102	ミサキソコダラ	V. misakia (JORDAN et GILBERT)
103	ネズミダラ	Lionurus condylura (JORDAN et GILBERT)
104	キシュウヒゲ	Coelorhynchus smithi GILBERT et HUBBS
105	ヒメアンコウ	Lophiodes moseleyi (REGAN)
106	メダマアンコウ	L. japonicus (KAMOHARA)
107	アンコウ	Lophiomus setigerus (VAHL)
108	フサアンコウ	Chaunax fimbriatus HILGENDORF
109	カギフウリュウウオ	Malthopsis mitrigera GILBERT et CRAMER
110	ムシブウリュウウオ	Halieutopsis vermicularis SMITH et RADCLIFFE
111	アガグツ	Halieutaea stellata (VAHL)
112	アカフウリュウウオ	Halicmetes ruber ALCOCK

Fig. 1. Total catch classed by commercial name in this test of fishing.



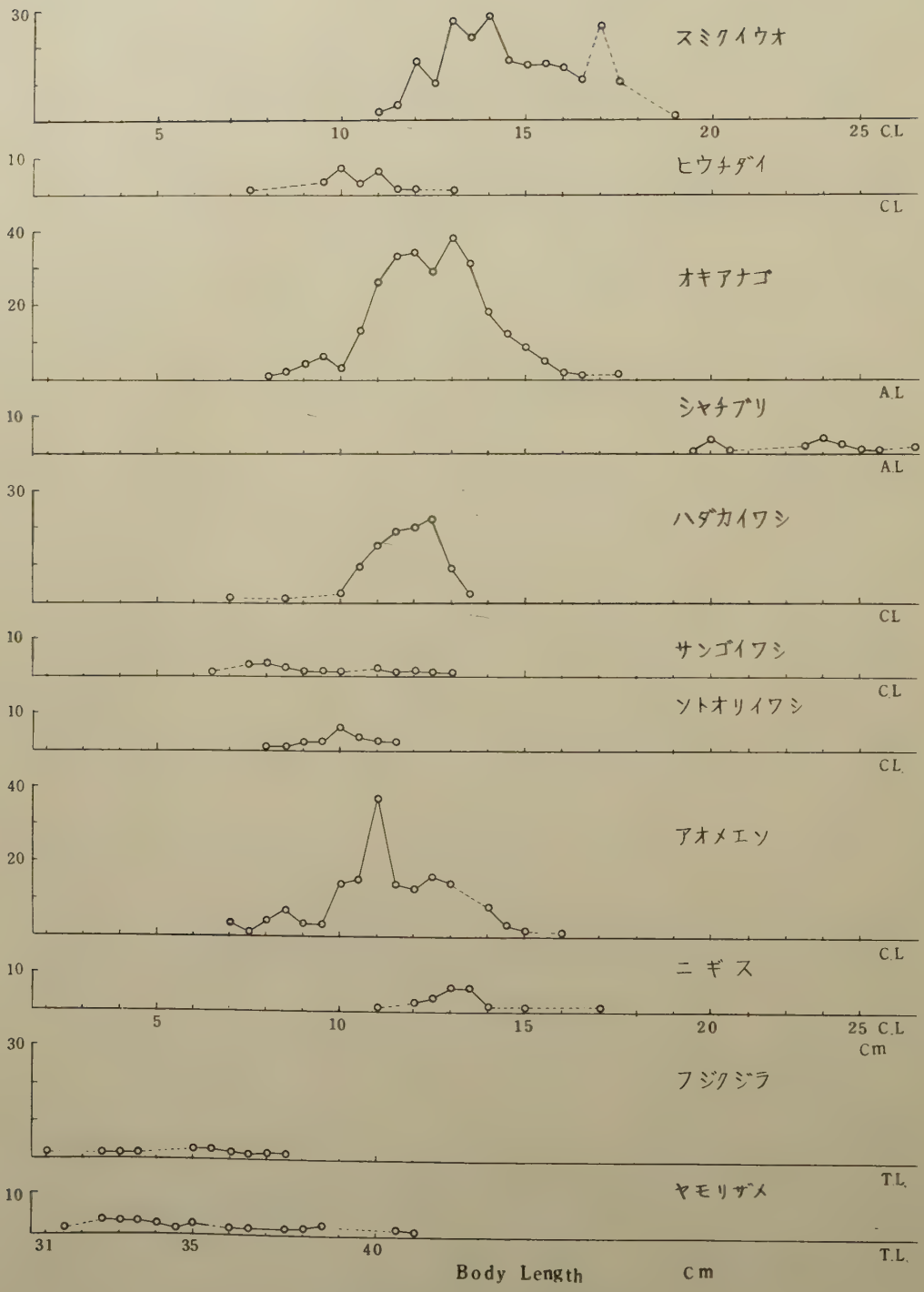


Fig. 2. Length fveqvency distribution

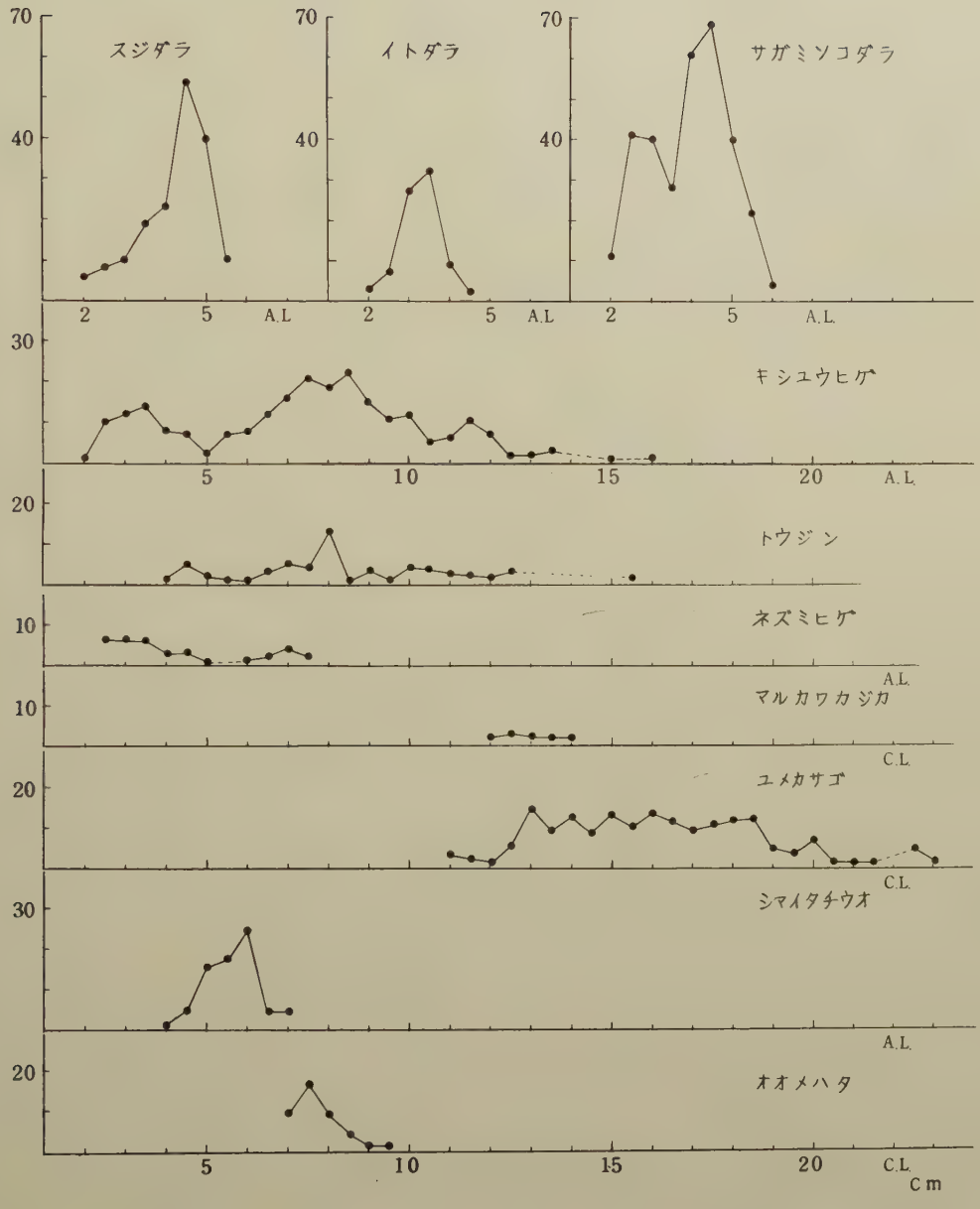


Fig. 2. Length frequency distribution

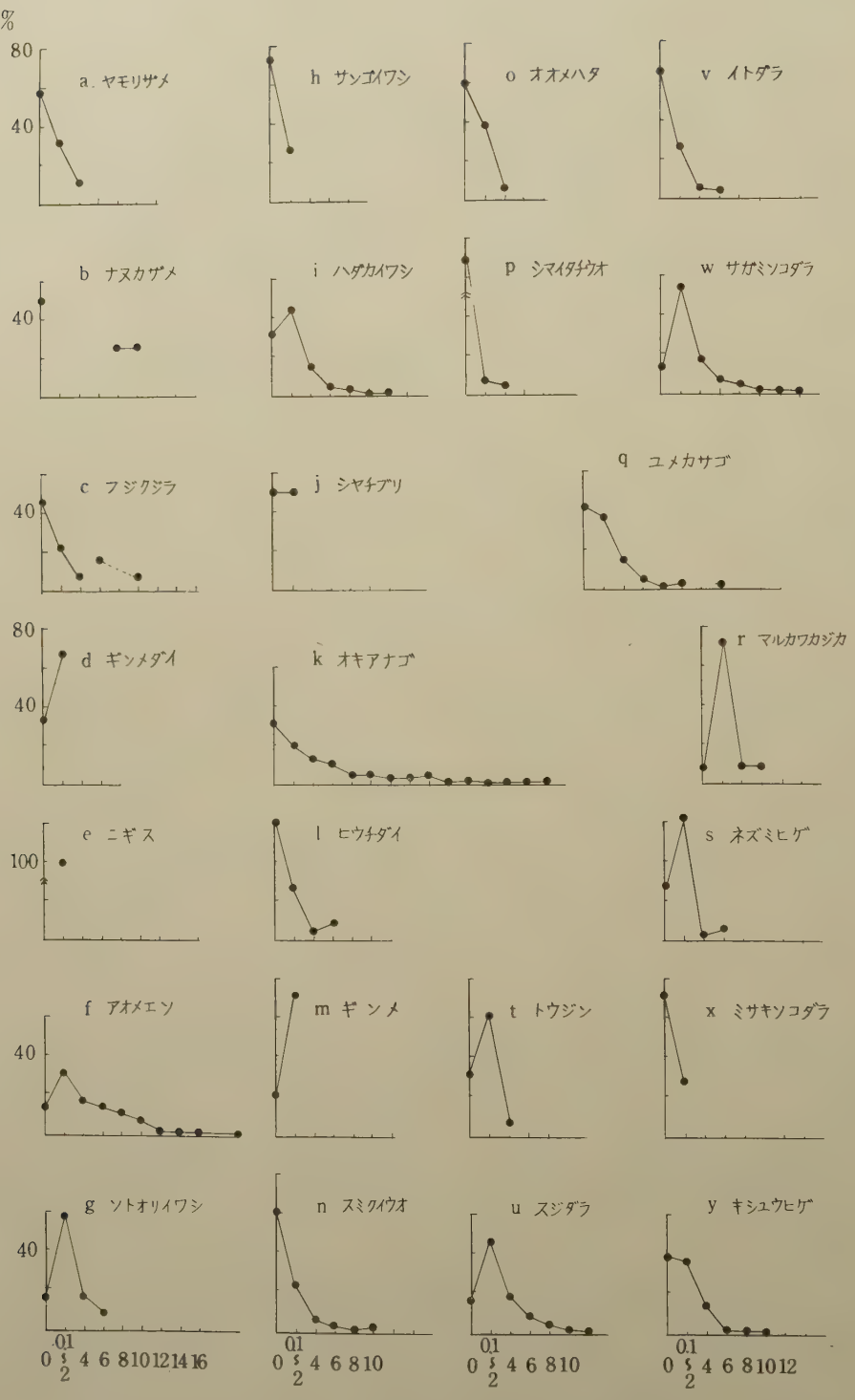


Fig. 3. Frequency distribution of the stomack content index.

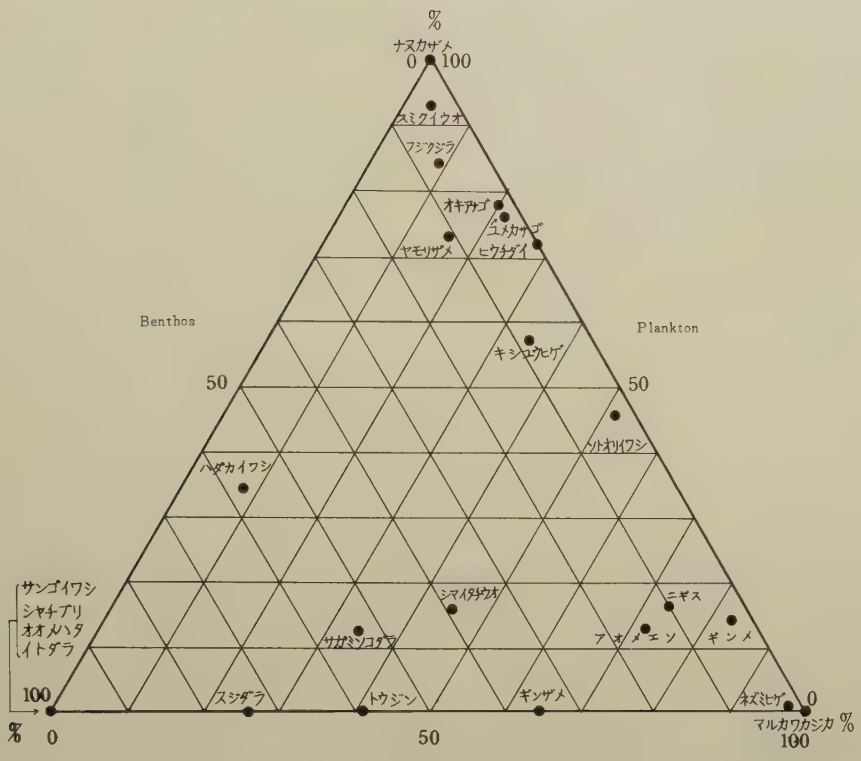


Fig. 4. Triangle graph show the degree of dependence to prey on 25 fishes.

延岡湾の小型底びき網漁業について－I
その漁場環境*

通山　正弘・工藤　晋二

ON THE SMALL－TRAWL FISHERY IN THE NOBEOKA－WAN －I
THE ENVIRONMENTAL FACTORS OF FISHING GROUND

Masahiro Tōriyama and Sinji Kudō

Oceanographic, biological surveies on the small trawl fishing ground were carried out at about twenty stations on the Nobeoka Wan during the period from april 1966 to June 1967. This survey were intended to obtain the chracter of fishing ground and the difference of environment between surface and bottom.

The Nobeoka Wan is situated on the east coast of Kusyu, both rivers Gokase and Kitagawa flow into the sea from the north west of the bay. Oceanographic condition changes with the amount of fresh water from land. As compared with the temperature of surface and bottom, was found a little difference in winter and large in summer.

On the seasonal variation of the salinity in this bay, it changes that the range of 33.07 to 34.98 % in bottom layer and 12.80 to 34.98 % in surface, therefore, the range of salinity of bottom layer was not so change remarkably as surface.

General view of the composition of grain size of bottom materials, north region of the bay were covered then 50 % and other region was for less 15 % with larger sand from 4.0 to 0.5 mm in diameter. Shallow area of west coast were covered with medium sand from 0.5 to 0.149 mm. Southern east region was covered about 89 % with mud of less than 0.149 mm.

As the result, about 57 species of benthic communities was collected by the dradge and the bottom sampler. (Appendix table 3). Distribution of several important species of benthic community taked in this survey was considered. Especially, Ampelisca diadema (COSTA) are most abundantly at adjacent southern east region.

※　昭和45年９月10日受理　南西海区水産研究所業績第15号
※　1967年11月、日本水産学会（近畿大学）大会で発表

太平洋南区の小型底びき網漁業は中型底びき網漁業とともに、底魚資源を高度に利用している漁業であるが、中型底びき網漁業に比較して沿岸水域を主漁場としている。南区沿岸の底びき漁場は外海域では一般に黒潮系外洋水の影響が強く、豊後、紀伊両水道周辺域では瀬戸内海系の沿岸水の影響が強い。さらに、沿岸線の地形、陸水などの影響により沿岸地先の生息環境に変化が多いため、底びき対象資源の種の構成や分布生態が複雑になっている。

筆者らは底魚類資源と環境との関連をみるため、そのモデル水域として延岡湾の小型底びき網漁場をえらび、各魚種の生息域、魚群構成、産卵回遊などの魚の生活様式およびこれらと密接な関係をもつ底生生物、底質、底層水温、塩分を主体とした漁場環境調査を実施し、あわせて魚市場の仕切り伝票による漁獲量調査も行なった。

ここでは漁場の環境について得られた2.3の知見を報告し、漁獲物調査資料などの陸上調査結果はまとまり次第今後逐次報告することとしたい。

本文に入るにさきだち、この原稿のご校閲をいただいた当所外海資源部長浜部基次博士、調査の実施にあたり適切な助言をいただいた当所外海資源部第一研究室長浅見忠彦博士、同部第一研究室花岡藤雄技官、松田星二技官、並びに、端脚類の査定について御教示下さった当所海洋部第二研究室長永田樹三博士、また、この調査の遂行にあたり御協力いただいた「こたか丸」船長日高覚技官、機関長山下近三郎技官、竹井義治技官に対し厚くお礼を申し上げる。

1. 調査方法

底魚を中心としておよそ底びきの対象となる底生生物群集は海底付近を主たる生活の場としている関係上その漁場環境を調査するに際しては、そこでの物理的条件（水温、塩分など）の変化と生物的条件である餌料底生生物群の存在状態および海底そのものの性状の3側面のそれぞれの特徴とさらに、それら相互の関連を可能な限り究明する必要がある。このうち、底魚との対応関係から関心をもたれる海底の性状と餌料生物群の存在状態の2側面については、従来からかなり多くの研究が集積されているが、海底の性状とくに海底付近の物理的性状に関する調査研究は技術的困難もあってか従来からほとんど報告されていない。このことは浮魚の漁場環境調査と著しい対照を示している。そこで対象水域が沿岸の比較的浅海に属する今回の調査では特に知見の乏しい底層（海底←→海底より2m上方）の物理環境の理解を進めることに一つの力点を置いて調査を進めた。

調査は1966年4月より1967年6月までの期間に調査船こたか丸（19.45トン、90馬力）により延岡湾の小型底びき網漁場を中心として20点の観測点を設けて実施した（Fig.1） 調査項目は表面、底層の測温、採水並びに採泥、ドレッヂによる底生生物調査および泥中生物の採集等である。

測温は通常の海洋観測の常法によって実施し、底層の測温、採水の位置は海底より2m上方でナンゼン転倒採水器が作動するように操作した。底生生物調査の方法については各項目で記述する。

観測は何れもst.1より開始し、約4時間30分でst.20を終わるようにした。

2. 調査結果および考察

延岡湾は日向灘に開けていて東部は島下と御崎を結ぶ約12km、西部は延岡市に面し約8kmの弧形の浅い外洋性湾形を示している。南部には土々呂、鯛名、赤水などの部落を含む約4kmの御崎半島が突出し、北部は火打崎を含む東海、神戸の部落と一部海面を含み、五ヶ瀬川口と島毛を結び約6kmの距離である。大まかにみると全体としては梯形を示すといえよう（Fig.1）

海岸部の地質は南部、北部は岩質、西部は砂質である。流入する河川には北西部に五ヶ瀬川、西部中央近くには流量の少ない沖田川がある。年間の風向は北東風、北風が多く、風力も大きい。

(1) 延岡湾の表面および底層の水温、塩分の季節変化

上々呂湾周辺の表面水温と比重（σ15）の変動のパターンについては、春～夏～初秋の多雨期（鉛直分布では成層期）と、秋～冬期では水温、clの水平分布のパターン変化が明瞭であることが浅見、岩切（1967）

によって明らかにされている。ここでは表面と底層における水温、塩分について考察した。

(a) 水　　温

表面、底層の測温結果をTable 1(a)、(b)に示し、各水深帯ごとの水温の季節変化をFig.2に示した。21～30m水深帯以浅における表面、底層の水温差をみると、10～4月（対流期）においてはその差が縮小し、表面と底層との差が殆んどない状態となっている。31～70mの水深帯では冬季においても表面、底層水温に差がみられ、水深を増すにつれてその差も増加する傾向がみられる。5～9月においては、各水深帯とも表面と底層の水温差は大きい。これらの程度をみるために、各点における表面と底層の水温傾斜（表面底層の水温差を水深で除す）(℃/m)で示すとFig.3のようになる。11～20m深の各点においては、5～9月の期間で傾斜は約0.15（℃/m）であり、6月の傾斜が一番大きい。他の水深帯の各点でも傾斜は約0.19（℃/m）であり、表面におくれて7月の傾斜が一番大きく、11～20m深を除いて、各水深帯で大差はみられない。しかし、各水深帯とも10～4月の期間は、各層とも傾斜は小さく、差もほとんどみられない。

Table1,Fig.2にみられるように今回の調査では欠測した月があり、最高最低水温を示す時期の推定が不充分であるので、南海区水研の魚群調査概況により、1953～1963年までの日向灘の表面、100m層の水温観測結果をみると、表面では8月、100m層では11月に最高温を示し、最低温の時期は表面で3月、100m層で3～4月にみられる。また、用正（1965）の報告によると宮崎県沿岸漁業指導所の土々呂線、小丸川線内海線においても表面水温は8月に最高温を示し、25、50、100m層の最高水温は深さとともにおくれ100m層での出現期は10～11月となっている。

従って、延岡湾の表面水温の最高温期は土々呂湾、日向灘の場合と同様に8月頃と思われる。延岡湾の底層水温は各観測点の月平均値でみると1月に最低水温16℃台を示し、9月には最高温24℃台を示している。8、2、3月に欠測しているが最高水温は8～9月、最低水温は1～3月にみられるものと推察される。

(b) 塩　　分

塩分検定は主としてサリノメーターにより実施し、その結果をTable 2(a)、(b)に示した。表中の星印は比重（σ15）より塩分を推定した数値を示している。

各観測点の塩分の月平均値より表面の塩分の変化をみると、この調査では1966年6月にもっとも低く26.19‰を示し、次いで9、7月などの多雨期に低い値がみられる。10～1月の秋～冬季には33～34‰台を示している（Fig.4）。このように多雨期と秋～冬季において塩分の分布型を異にすることは浅見、岸切（1967）によって指摘されている通りである。

また、各観測点において塩分変動が激しいが、これは、五ヶ瀬川河川水系の影響によることは明らかである。

底層の塩分測定値の範囲は観測結果では、33.07～34.98‰が観測され、表面に比較して極めて安定した状況を示している。季節別にみると7、9月に33‰台を示し、他の月の34‰台に比較してやや低下している程度である。

表面、底層の塩分鉛直変化の程度をみるために、水温の場合と同じように塩分の傾斜（表面塩分、底層塩分の差を水深で除す）で示すとFig.3に示される。11～30m深の水域では4～9月の期間に傾斜が大きく（－0.4前後）、10月以降は小さくなる。31m以深域では各水域とも、あまり大きな変動はなく、10月以降は差がないようである。特に51m以深の水域では傾斜に季節変化がほとんどないといえよう。

次に、河川水の影響を最も強くうけやすいst.15を基点にして、沖合への塩分鉛直分布を調査期間中で表層塩分の最も低下した1966年6月の観測値についてみるとFig.5のようになり、底層では河川水の影響をほとんどうけていないように思われる。

表面の塩分水平分布から低かん域の張出し状況により河川水の流路をみると、大部分の場合は南下しているように推定される。しかし、1966年6、9、10月の例では河口より東海沿岩ぞいに東方への張出しがあるように思われるので、1回の延岡湾調査が高潮時より低潮時に亘って行なわれたもの（1966年4、6、9、10月、1967年1月）、低潮時より高潮時の間に行なわれたもの（1966年5、7、11月）、また、その他の場合（1966年12月、1967年6月）について、潮汐との関係を検討した。

この結果、河口より東方向への河川水の張出しを示した3例（1966年6、9、10月）は、高潮時より低潮時の間に調査が行なわれた場合にいづれも該当するが、同じくこの潮時に行なわれた調査のうち、1966年4月、1967年1月の2例のように、南下または南東方向への張出しを示す場合もあり、潮汐と五ケ瀬川水系河川水の流去方向との関係は明らかでない。

横田（1953）は日向灘の左環流の存在を明らかにし、日向灘沿岸では沿岸にほぼ平行に南下しているとされている。延岡湾の流向もこの左環流の影響をうけるものと思われ、外洋水は島下附近（湾上部東側）より河口方向に向って突込み、河川水は河口より南へ南南東方向に流去している例が多い。このため、沿岩水と外洋水との間に潮目が形成されている。

水温、塩分の分布に関連して潮目の形成状況を観測のさい視認※した記録について述べる。調査回数12回のうち、1966年4、5、6、7、11、12月の6例と1967年6月の1例の場合は、いづれも島下附近よりSW方向に伸び鞍掛岬沖のst．7附近に達し；これより枇榔島方向のst．2附近に潮目が形成されている。この他、st．7よりst．5方向にのみ認めた場合が1例)(1967年4月）、次に潮目の形成をみとめなかった場合が2例（1966年10月、1967年5月）、河口附近のst．20とst．19間に潮目をみた場合が2例（1966年9月、1967年1月）であった。

(2) 海底の形状および底質

(a) 海底の形状

延岡湾周辺の一般地形については先述のとおりであるが、ここでは定点間を航走する際に魚群探知機を使用し、定線上の海底地形の連続的変化状況の映像記録を得たので、これにより海底の起伏状態を凸凹型に区分※※する一方、定点間の水深差を水平距離 1,000mに対する直線的変化としてとらえ、海底の傾斜を推察した。

st．1から正東方向の定線；st．1よりst．1～st．2の中間点までは（水深46～47m）$^{20}/_{1,000}$mの急傾斜で深くなってきているが、水深47m付近よりst.3までは海底は平坦で緩やかな傾斜（$^{6.1}/_{1,000}$m）を示している。

st．5から正東方向の定線；st．5～st．4間では水深47m附近を境にして沖合は急傾斜を示し、記録紙映像では定点間の中央部が凸型の地形を示している。

st．6（塩家出し）から正東方向の定線；st．6～7間は中央部まではやや急傾斜であるが、中央部より次第に緩やかになり凹型を示している（傾斜は$^{8.1}/_{1,000}$m）、st．7～8間は平坦で傾斜も緩やかとなっている。st．8～9間は凸型で沖合では急傾斜となっている。（$^{9.2}/_{1,000}$m）。

st．13から正東方向の定線；st．13～12間は凹型を示し、傾斜は$^{8.2}/_{1,000}$m）、st．12～11間は平坦で直線的な緩やかな傾斜を示している（$^{4.2}/_{1,000}$m）st．11～10間は凸型で傾斜は$^{9.2}/_{1,000}$mを示し、沖合で急深となっている。

st．14から正東方向の定線；st14～15間は平坦ではあるが直線的な急傾斜（$^{8.3}/_{1,000}$m）を示している。st．15～16間は平坦で傾斜は$^{5.5}/_{1,000}$m。st．16～17間はやや凸型に近く傾斜は$^{8.2}/_{1,000}$mで、沖合ではやや急深となっている。

st．20から正東方向の定線；st．20～19間の海底は凸型を示している。定点間の中央部にあたる水深26～30m間には約1,100mにわたり大、小の岩礁が多く記録された。岩礁の高さは海底より6m位のもの2、9mのもの1、2～4m位のものが3ケ所あり、st．19に近い方（沖合の方）に最も大きな岩礁がみられる。

※ 泡沫、塵芥の集積、さざ波の存在、水色の変化などによるがほとんどの場合これらが同時に視認された。

※※ 凸型：魚群探知機の記録紙上で、比較する両定点の位置の海底面を直線で結び、直線の上方に海底面ある場合。

凹型：同上の場合 直線の下方に海底面があるもの。

(b) 底質

採泥は測温、採水終了後、電動測深儀のワイヤー先端部に円筒型（径90mm、長さ 400mm）の採泥器（Fig.6）を取付け、海中に投下し、低速（約2浬）で1～2分間曳航したのち船上に巻き上げた。採集した底質の一部を泥中生物調査に供し、残りをホルマリン固定して持ち帰り風乾したのち、乾燥器内で 100～110 ℃で乾燥した標本から50ｇの試料を取り出し、4個の標準節（4000μ、1000μ、 500μ、 149μ）を用いて節分析を行なった。

粒径4000μ以上のものを礫、4000～1000μのものを大砂、1000～ 500μのものを中砂、 500～ 149μのものを小砂、 149μ以下を泥として区分した。この調査は時期を異にして3回実施したのみで、増水時の河川による土砂の流入や浅海のため台風波浪の影響などを分離することもできず充分ではなかった。この水域の底質を総観し、底棲生物との関連に一応の目安を求めることのみを目標に実施した。

3回の調査で得た結果につき各粒径ごとに集計し平均した数値をTable 3に百分率で示した。小砂の分布図をFig．7に示し、泥の分布図をFig．8に示した。

上述の図表により延岡湾の底質の性状をみると、湾の北側にあたるst．19では大、 中砂の含有率が他の地点に比較して高くほぼ50%を占めており、泥の含有率はst．19で23%台、 st．20では1%以下で極めて少なく、底質はあらい。また、 st．19では貝殻の破片が多数混入しているのを認めた。湾西部の極く沿岸域にあたるst．6、 st．13、 st．14 では小砂の含有率が高く50～60%を占め、砂質地帯を示している。湾南部のst．1は岩礁地帯に近く、 85%が礫となっている。沖合の地点では全般に深さを増すにつれて泥の割合が高いが、特にst．3では泥の含有率が高く89%を占めている。

底質は海水の流動と関連が深いが、塩分の項で述べたように河川水の流去方向は多くの場合南下する傾向が強い。 st．3付近は沿岸水の流去の末端部にあたると思われるし、 潮目の形成域にもあたりこの附近に泥質が集積しやすい状況にあるものと推察される。

(3) 底生生物

底生生物採集用に作成したドレッヂ（Fig．9）を調査点において船速2 ktで3分間曳航し、得られた生物について調査した。泥中生物の採集はmesh16（1mm目）の標準篩を用い、現場で採泥したものを篩に入れ、海水を通して濾過し、得られた底生生物および残留物はホルマリン液で固定した。
種の同定は原色動物大図鑑、新日本動物図鑑によった。端脚類のカギスガメについては当水研の永田樹二博の助言をうけた。

ドレッヂによる底生生物調査結果を付表第1表ａ～ｅに示した。調査日ごとの各表を総括し一調査当りの平均出現尾数をTable 4に示した。

この調査で出現した種類数は57種あり、このうちでは甲殻類が最も多く21種を占め、次に腹足類11種、二枚貝類等となっている。

砂泥中より得られた生物はいづれも小型のもので、付表に示したように、端脚類が最も多く中でもカギスガメがst．2、 st．3、 st．5 において卓越した出現状況を示しているのが特徴的である。次いで多毛類、こぶしがに科、二枚貝類の小型のものが出現している。

以上のドレッヂ、泥中生物調査結果より、単一種の出現個体数の多いものについて主生息域を想定するとFig．10のようになる。

定在目類棲管の分布（Fig．10－ａ）

棲管は水深20m以浅のst．14およびFig．1に示した特別定線のst．1、 st．2付近に多くみとめられた（付表第3表）。これらの調査定点の沖合においても若干はみられるが、その量は少ないように思われる。

延岡湾の20m以浅域の底生生物、汀線生物については児玉ほか（1966）が報告している。これによると棲管多毛虫類はFig．10－ａの黒色で示した部分、即ち、秋磯、黒磯、小島付近の漸深帯（水深2ｍまで）で出現している。筆者らの調査と併せ考察すれば、水深20m以浅が主生息域で、特に丸ヶ島沿岸のst．14 および秋磯周辺の沿岸部に多く分布しているものと考えられる。

カギスガメの分布（Fig．10＝ａ）

本種は端脚類ヨコエビ亜目スガメソコエビ科の１種である。出現した個体の全長は12㎜以下のもので砂泥中に棲管を作り棲息している。得られた標本では棲管内に個体がある場合もあれば、棲管より出て棲管と一緒に採集されるものもみられる。1967年６月６日にｓｔ．２で得たカギスガメ全長11㎜の個体について抱幼生尾数を調査したところ１～1.5㎜（全長）のもの30個体をかぞえた。

砂泥中生物の採集結果表（付表第２表）よりカギスガメの出現状況をみると、1965年12月12日の調査ではｓｔ．２で61尾、ｓｔ．３で90尾、ｓｔ．４で２尾、ｓｔ．５で３尾得られている。1967年４月24日の調査では、ｓｔ．２（223尾）、ｓｔ．３（10尾）、ｓｔ．４、ｓｔ．５では得られていない。 1969年６月６日のものではｓｔ．２（195）、ｓｔ．３（106尾）、ｓｔ．４では採集されずｓｔ．５で148尾が得られている。又、1967年６月22日の特別定線調査ではｓｔ． ６（延岡湾定線調査のｓｔ．４～５間に当る）で 464尾が得られた。ドレッヂ調査でもｓｔ．２、ｓｔ３で本種の棲管が多数採集されているが他の地点では少ない。

本種は付表２、３表にみられるように調査した全域でほとんど採集されているが、出現頻度にかたよりがみられ、ｓｔ．３、ｓｔ．４、ｓｔ．５において多数出現している。なかでもｓｔ．２、ｓｔ．３で卓延した出現状況を示しており、この付近に分布の中心があるように思われる。

ブンブク類の分布（Ｆｉｇ．10－６）

心形目類のうちオオブンブクとオカメブンブクの２種類が出現した。オオブンブクは水深30ｍ前後の地点ｓｔ．７、ｓｔ．11、ｓｔ．12およびｓｔ．19で出現し、ｓｔ．12で最も多く採集された。内海によると本種の生息水深は10ｍ位いまでとされているが、この水域のものはやや深いところに生息している。

オカメブンブクは水深30ｍ前後のｓｔ．15で最も多く水深60ｍ附近のｓｔ．９でも得られており、分布域はオオブンブクよりも広範囲に及んでいる。

ナミベリハスノハカシパン（Ｆｉｇ．10－６）

本種の体は範く扁平で浅海域の砂汀に住むことが知られている。この調査ではｓｔ．14(丸ヶ島の極く沿岸域）のみで多数えられた。

ウミサボテンの分布（Ｆｉｇ.10－６）

本種は特別定線ｓｔ．１で５個体、ｓｔ．２で７個体、ｓｔ．14で２個体採集された。 採集地点はいづれも15ｍ以浅のところで、沖合では採集されなかった。ｓｔ．１、ｓｔ．２附近に群生しているように思われる。

マルサルボウの分布（Ｆｉｇ．10－ｂ）

特別定線のｓｔ．１で７個体、ｓｔ．２で９個体採集された。いづれも殻長28㎜以下のものである。また、この水域はマルサルボウ採捕船の出漁している区域にあたる。他の地点ではｓｔ．７ で10回ドレッチ使用し１個体のみ出現をみ、ｓｔ．12では10回のうち３個体、ｓｔ．14では７回のうち４個体出現したのみで、ｓｔ１ｓｔ．２に較べると僅かである。

上述の数種について分布域を想定してみたが、これらはその生態からみても移動性が小さく限られた水域に定着的に分布するものが多い。

この他に甲殻類など多数の種類が生息しているが、今回の調査では調査区域の範囲と調査頻度などからみて生息域を明らかにすることはできなかった。

この調査で得られた底生生物は57種であるが、産業的に主要なものはマルサルボウ、バイ、エビ類などで他の大部分の種類は小型底びき網で得られても現場で海中に投棄されているのが現状である。しかし、これらの底生生物を底魚類の餌料生物という観点よりみると、端脚類のカギスガメをはじめとして甲殻類を含む多くの底生生物、かつその幼生期又は成体期に漁業上の主要生物の餌料群として利用され、魚類資源の存在と変動に大きく関与していることは動かすことのできた事実であって、主要生物をとりまく餌料生物群との栄養的関連を内容とする生物環境の研究は大いに興味がある。その意味で主要生物の分布、移動時期などと関連した調査を今後進めていきたい。

要　　約

1966年４月から1967年６月にかけて延岡湾小型底びき網漁場の環境調査（水温、塩分、底質、底生生物）

を実施し、次のような結果を得た。

1．表面、底層の水温差は成層期（夏季）に大きく、対流期（冬季）の10～4月には縮少、接近し、特に、水深29m以浅では、表面、底層の水温差はほとんどみとめられない。

2．底層の塩分は年間を通じて33.07～34.98‰を示し、表層塩分の変動に較べて全域とも極めて安定した状況を示している。

3．延岡湾の底質の性状をみると、湾の北部にあたるst．20、st．19では大、中砂の含有率が高くなっており、湾西部の沿岩域では砂質地帯となっている。この沖合の地点では全般的に含泥率が高く、特に、st．3では89%を示していた。

4．この調査で出現した底生生物の種類数は57種あり、このうち甲殻類が最も多く21種、ついで腹足類11種二枚貝類、多毛類等となっている。

カギスガメ、ブンブク類、ナミベリハスノハカシパン、マルサルボウ等については生息域を示した（Fig 11－a、b）。端脚類のカギスガメがst．2、st．3を中心にして多数出現したのが特徴的である。

文　　献

岩切美奈子・浅見忠彦．1967：南水研報告№26
花岡藤雄ほか、1953～1963：南水研沿岸資源部、魚群調査概況
用正文男．1965：水温分布よりみた日向灘の験況型について、宮崎県沿岸指導所試験調査報告第24号
横田滝雄．1953：南水研報告№2
原色動物大図鑑、II、III、IV、北隆館
新日本動物図館（上）、（中）、（下）、北隆館
児玉琢次ほか．1966：宮崎県沿岩漁業指導所試験調査報告第29号

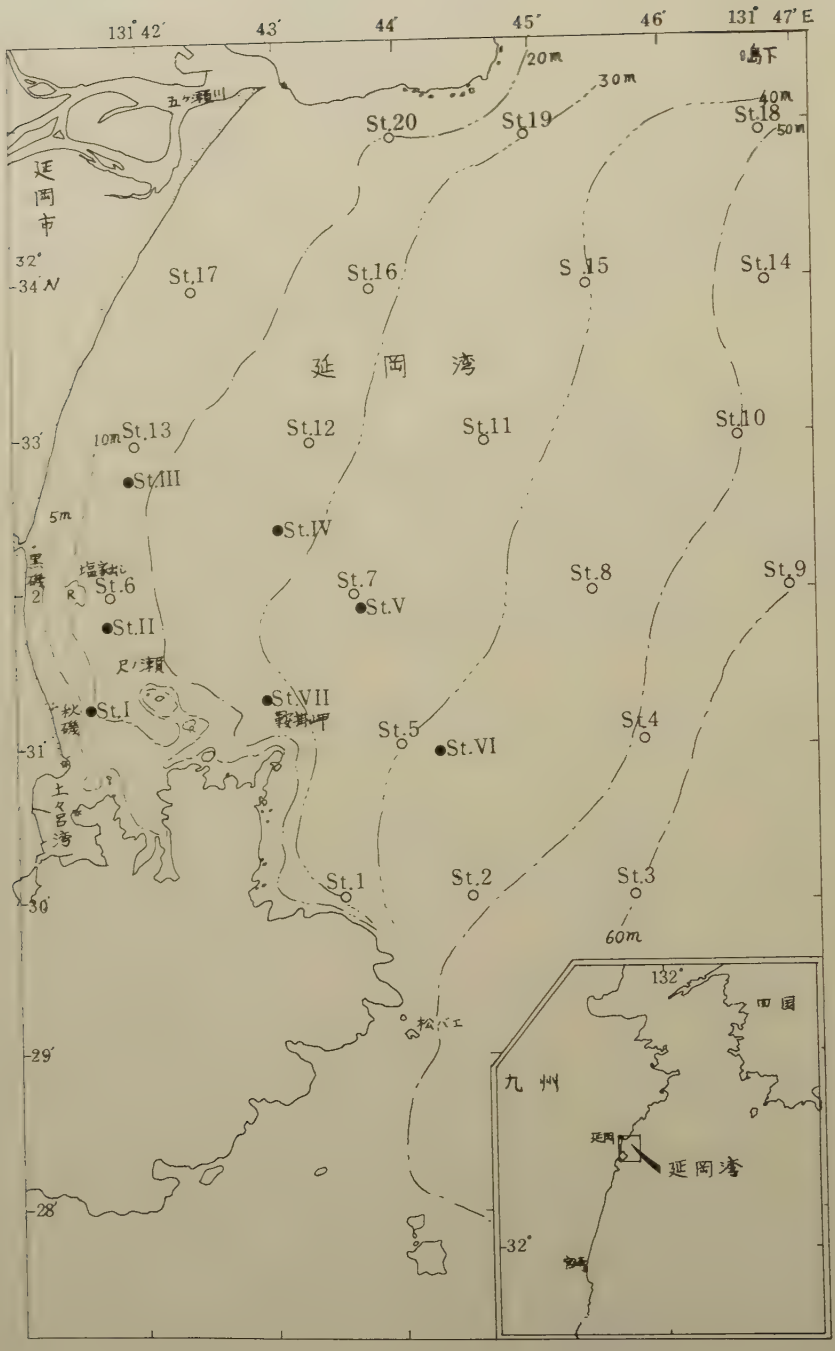


Fig. 1 Map showing the observational stations.

Arabic numerals : monthly observational station.

Roman numerals : exceptional observational station.

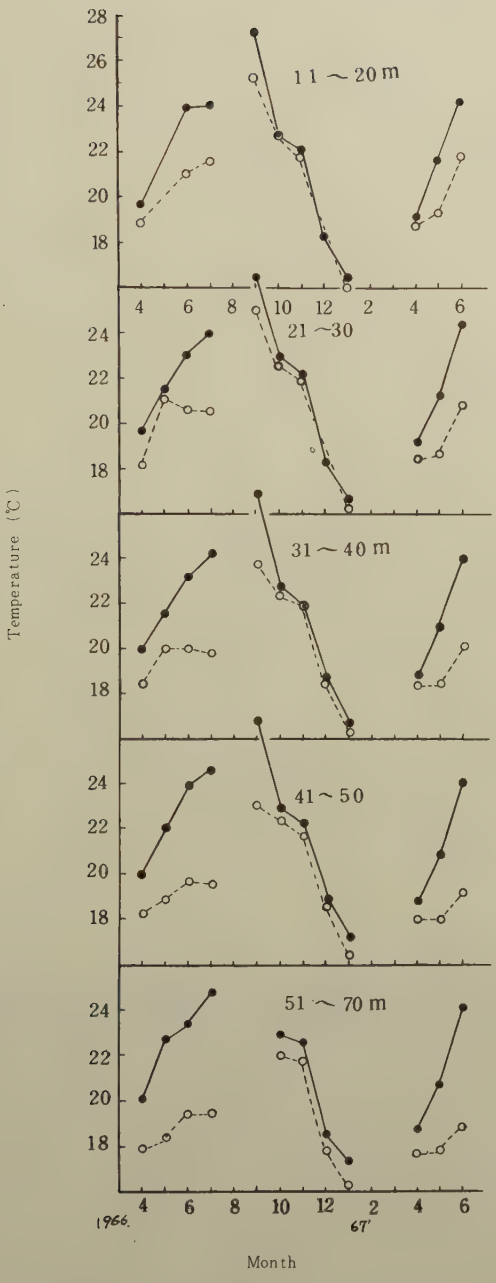


Fig. 2 Seasonal changes of surface and bottom water temperature of each depth layer in the NOBEOKA bay.

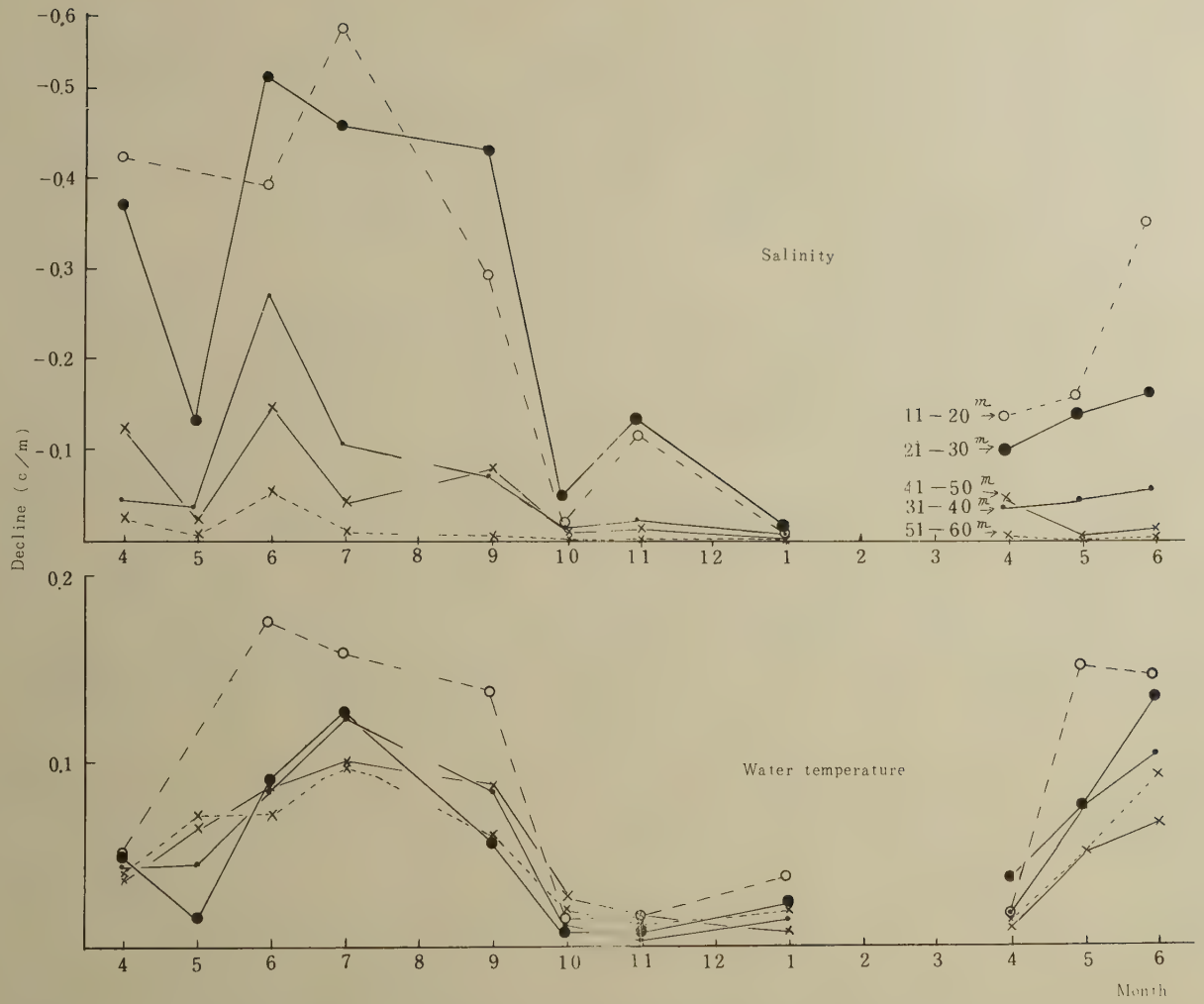


Fig. 3 Seasonal changes of the decline water temperature and salinity.

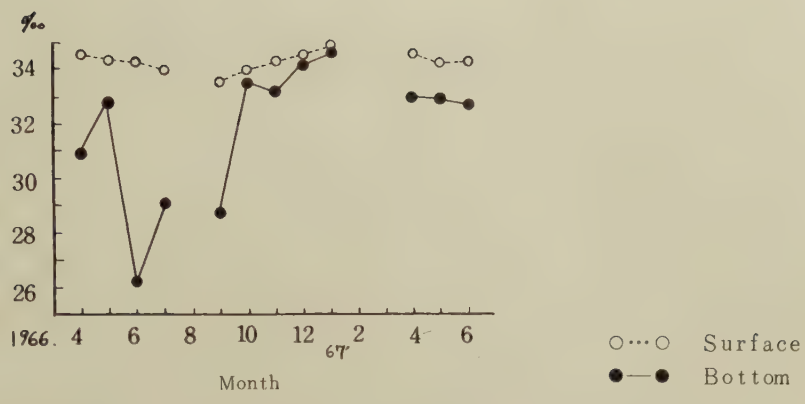


Fig. 4 Seasonal changes of salinity in the NOBEOKA bay (‰).

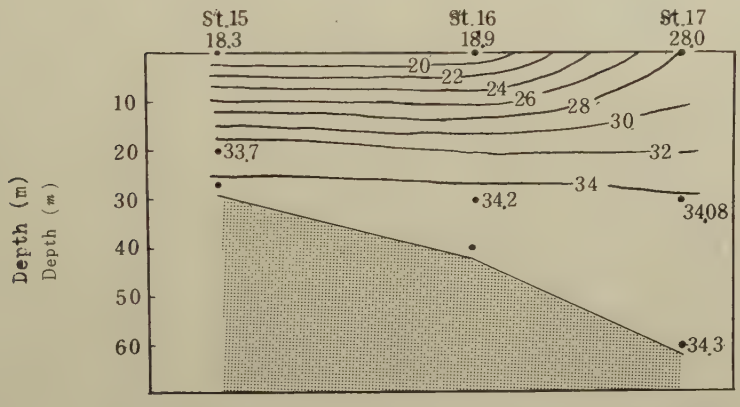


Fig. 5 Vertical distribution of salinity (‰), June 21, 1966.

Fig. 6 Bottom sampler.

Fig. 7 Map showing the percentage of sand area from 500μ to 149μ in diameter.

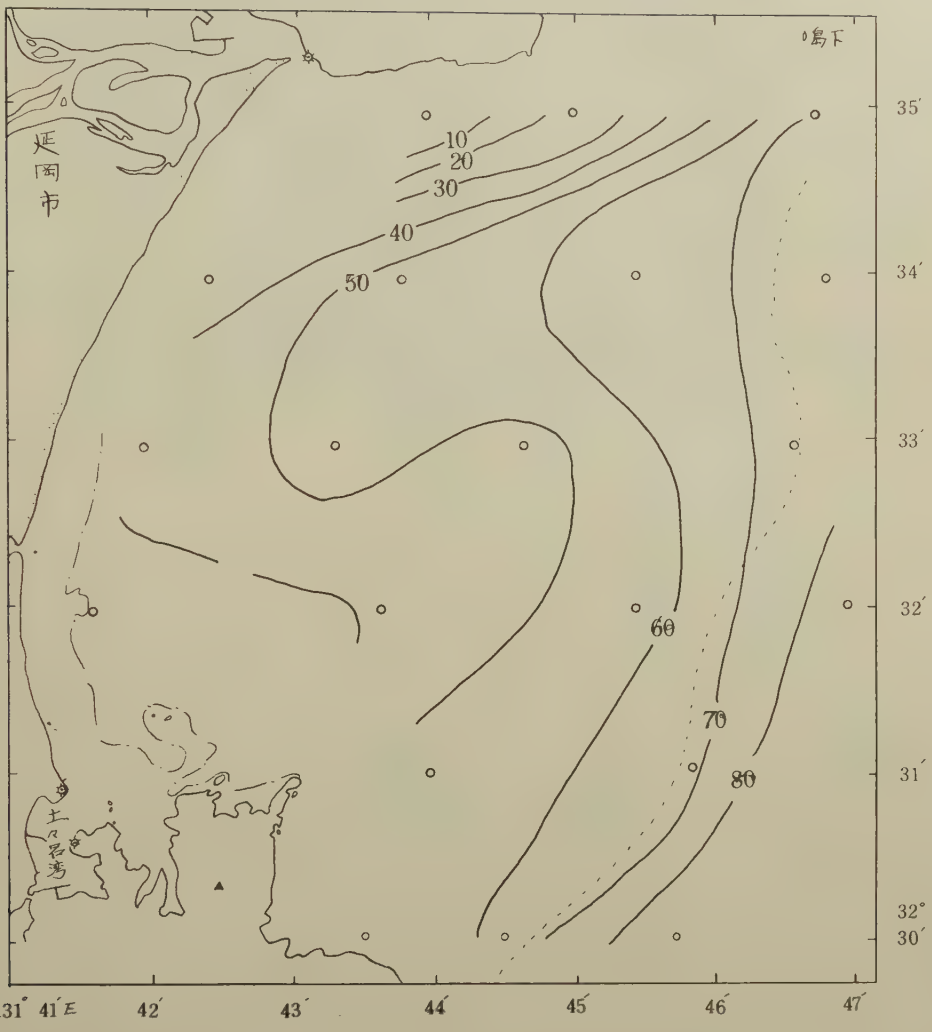


Fig. 8 Map showing the percentage of mud area less than 149μ in diameter.

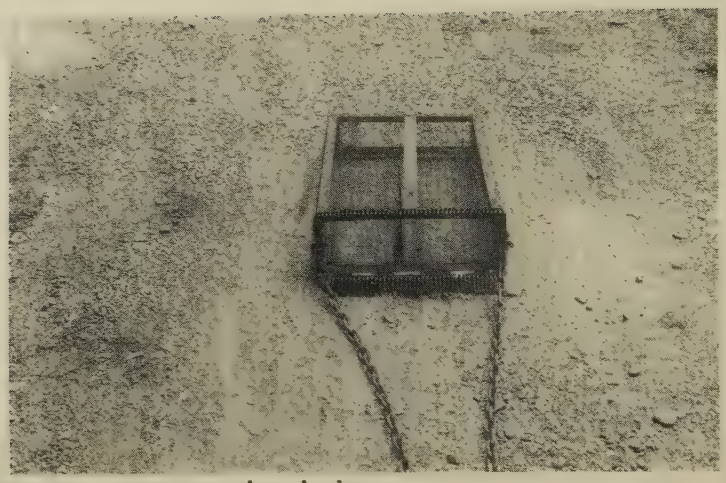
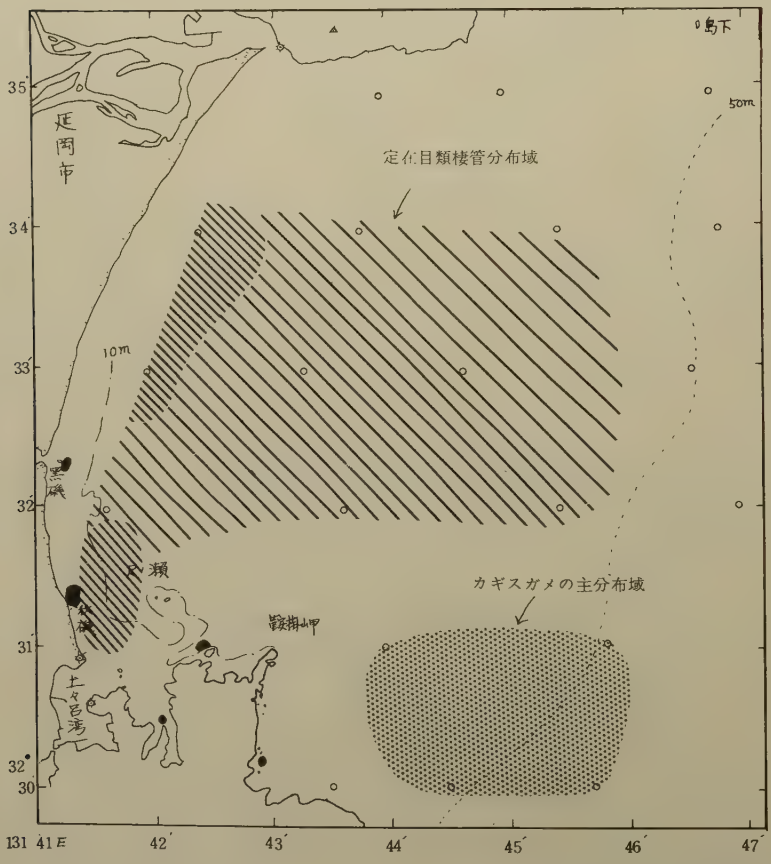


Fig. 9　　Rectangular dredge.



● 多毛類（by KODAMA et all）

Fig. 10－a　　Distribution of benthos communities.

Fig. 10— b Distribution of benthos communites.

Table 1 Results of ovservation of water temperature at some stations in the NOBEOKA bay from April 1966 to June 1967.

(a) Surface temperature.

st. \ Date	1966 Apr. 27	May 31	Jun. 21	Jul. 13	Aug.	Sep. 6	Oct. 19	Nov. 7	Dec. 12	1967 Jan. 27	Feb.	Mar.	Apr. 24	May 24	Jun. 6
1	19.8	21.3	22.1	23.4		26.2	22.7	21.5	18.2	16.6			18.2	20.7	23.5
2	19.8	21.3	22.6	24.4		26.8	22.8	22.4	18.9	16.95			18.6	20.6	23.8
3	20.1	22.3	22.6	24.6			23.1	22.6	18.4	17.3			18.6	20.6	24.2
4	20.1	22.5	22.7	24.6			22.4	22.8	18.6	17.3			18.8	20.8	24.1
5	20.0	21.2	23.4	24.9		26.6	22.4	21.8	18.4	16.95			18.7	20.7	23.7
6	19.7			24.1		27.6	22.7	21.6	18.0	16.15			18.8	21.6	24.3
7	20.0	21.4	23.4	24.5		26.8	22.7	21.5	18.1	16.20			18.8	21.1	24.0
8	20.1	21.6	23.9	24.8		26.9	22.5	21.6	18.7	16.9			18.9	20.8	24.0
9	20.1	22.1	24.2	25.0			22.9	22.9		17.55			19.0	20.7	24.1
10	20.2	22.2	24.2	24.5			23.1	22.4		17.6			19.0	21.0	24.1
11	20.1	21.7	23.3	24.1		27.4	22.8	22.1	18.9	17.05			19.0	20.9	24.2
12	20.2	21.4	24.1	24.2		26.7	22.8	21.8		16.7			19.1	21.3	24.6
13	19.7		23.9	24.1		27.6	22.8	22.3	18.2	16.6			19.2	21.9	24.4
14	19.4			24.0		27.3	22.8	22.2	18.6	16.6			19.0	21.0	24.1
15	19.0	21.1	22.8	23.9		27.2	23.0	22.2	17.6	16.5			19.1	21.1	24.4
16	20.3	21.9	23.3	24.2		27.1	23.0	22.1	19.1	17.05			19.1	20.6	24.1
17	20.3	22.2	24.1	25.2			23.2	22.4		17.55			19.0	20.8	24.0
18	20.1	22.7	24.5	24.3			23.1	22.2		17.1			19.0	21.4	24.2
19	20.2	22.2	23.8	24.1		27.2	22.9	22.4	18.9	16.7			19.0	21.4	24.4
20		22.1	22.2	23.8		25.6	22.8	22.4	18.8	16.6			19.2	21.2	24.3
Mean	19.95	21.83	23.39	24.33		26.92	22.82	22.16	18.49	16.89			18.90	21.06	24.12
std. dev.±	0.32	0.49	0.74	0.43		0.55	0.22	0.41	0.41	0.42			0.24	0.43	0.25

(b) Bottom temperature, temperature.

st.	Date / Depth	1966 Apr. 27	May 31	Jun. 21	Jul. 13	Aug.	Sep. 6	Oct. 19	Nov. 7	Dec. 12	1967 Ja. 27	Feb.	Mar.	Apr. 24	May 19	Jun. 6
1	34	18.50	19.54	19.75	19.38		23.52	22.52	21.79	18.40	16.36			18.49	18.51	20.24
2	49	18.05	19.24	18.91	19.24		22.59	22.52	21.61	18.59	16.29			18.27	17.96	19.44
3	60	17.85	18.70	18.62	19.39			21.93	21.56	17.80	16.00			17.70	17.92	18.88
4	54	17.70	18.70	19.55	19.68			21.96	22.22		16.41			17.92	17.99	18.73
5	39	17.85	19.02	19.65	19.33		22.23	22.18	21.70		16.21			17.91	18.21	19.88
6	17	19.00			20.66		25.05	22.69	21.90		15.55			18.61	19.16	22.22
7	33	18.50	19.20	20.00	19.75		23.84	22.55	21.77		15.99			18.19	18.55	20.82
8	45	18.20	19.95	19.83			23.38	22.29	21.66		16.62			18.33	18.19	19.39
9	54	17.65	18.30	19.68	19.00			22.09	21.70		16.32			17.38	17.66	18.75
10	49	18.05	19.46	19.83	19.80			22.25	21.92		16.52			17.75	17.64	18.82
11	38	18.41	19.92	20.14	20.24		23.72	22.30	21.87		16.50			18.45	18.26	19.59
12	29	18.00	20.62	20.18	20.07		24.87	22.50	21.88		15.75			18.50	18.46	19.77
13	17	18.80		20.99	20.87		25.23	22.47	21.92		15.86			18.69	19.30	21.66
14	15	18.85			22.88		25.57	22.68	21.73		16.19			18.93		21.76
15	28	18.45	21.26	20.24	20.43		24.56	22.59	21.88		16.44			18.35	18.56	20.38
16	39	18.45	20.30	20.13	19.75		23.72	22.30	21.87		16.50			18.45	18.26	19.59
17	56	18.30	17.67	19.83	19.25			22.36	21.66		16.33			17.85	17.71	19.12
18	49	18.45	17.67	20.09	19.53			22.19	21.95		16.40			17.95	17.94	19.06
19	32	18.85	21.96	20.73	20.33		25.34	22.57	21.91		16.10			18.34	18.50	20.35
20	24		21.48	21.25	21.26		25.58	22.80	22.10		16.14			18.50	18.94	22.44
Mean		18.31	19.53	19.96	20.04		24.22	22.38	21.82	18.26	16.22			18.21	18.28	20.02
std. dev.±		0.40	1.24	0.63	0.91		1.09	0.24	0.16	1.30	0.28			0.38	0.47	1.17

Table 2 Results of ovservation of salinity at some stations in the NOBEOKA bay from April 1966 to June 1967.

(a) Surface salinity.

st. \ Date	Apr. 1966	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	1967 Jan.	Feb.	May	Apr.	May	Jun.
1	30.69	32.26	27.69	30.01		28.20	33.79	34.78	34.39	34.57			32.50	32.78	33.27
2	28.34	32.73	28.68	33.07		30.15	33.26	34.29	34.57	34.68			32.41	32.60	33.53
3	32.05	33.76	33.99	33.43			33.89	34.34	34.53	34.79			33.59	34.03	33.18
4	31.46	34.02	32.96	33.03			33.49	34.35	34.51	34.73			34.20	33.51	
5	31.24	32.07	30.10	33.21		29.03	33.61	33.64	34.51	34.70			32.95	33.63	33.03
6	28.48			25.22		30.12	33.79	33.55	33.88	34.61			32.67	31.87	31.10
7	32.71	32.41	25.57	33.16		31.65	33.76	33.04	34.48	34.44			33.12	30.26	29.32
8	33.59	32.18	27.61	33.31		29.93	33.33	32.49	34.34	34.61			29.43	33.49	33.39
9	33.65	33.94	29.97	33.54			33.88	34.40		34.83			34.45	34.45	34.26
10	34.94	34.01	26.00	33.15			33.78	34.11		34.75			34.62	34.43	34.23
11	33.99	33.34	26.00	26.60		32.41	33.60	32.61	34.55	34.58			33.01	34.44	33.56
12	23.48	29.60	25.53	17.84		29.43	33.85	27.84		34.43			31.51	28.64	29.33
13	25.68		27.52	24.95		32.11	33.97	33.62	34.27	34.63			33.08	32.01	29.77
14	28.22			23.00		24.01	33.96	30.45	34.50	33.70			31.52	31.14	25.19
15	24.31	28.91	18.33	28.35		25.26	33.92	31.29	32.21	34.80			29.66	32.32	26.47
16	34.05	33.69	18.94	26.97		33.14	33.82	33.62	34.53	34.75			34.13	33.67	33.71
17	34.12	34.03	28.05	33.64			33.97	34.15		34.71			34.62	33.89	34.02
18	34.48	34.36	26.00	28.69			33.32	34.05		34.64			34.70	33.90	33.56
19	34.41	34.09	20.28	31.99		33.13	32.87	34.14	34.55	34.72			34.65	33.93	33.63
20		33.53	18.36	18.87		12.80	31.01	33.89	34.45	34.72			34.37	34.40	33.93
Mean	30.96	32.87	26.19	29.10		28.66	33.54	33.23	34.28	34.62			33.05	32.96	32.02
Std. dev.±	3.62	1.56	4.62	5.02		5.31	1.66	1.67	0.59	0.24			1.57	1.55	2.72

(b) Bottom salinity.

st. \ Date / Depth		1966 Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	1967 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
1	34	34.56	34.37	34.31	34.05		33.52	33.97	34.29	34.36	34.68			34.59	34.46	34.39
2	49	34.55	34.41	34.30	34.08		33.78	34.02	34.32	34.61				34.60	34.45	
3	60	34.54	34.42	34.45	34.05			34.07	34.37	34.53	34.80			34.68	34.52	
4	54	34.53	34.41	34.10	34.08			34.14	34.26		34.61			34.62	34.52	34.32
5	39	34.54	34.41	34.30	34.06		33.72	34.02	34.41		34.61			34.61	34.48	34.42
6	17	34.43			34.05		33.72	34.00	34.98		34.49			34.59	34.25	34.17
7	33	34.56	34.36	34.32	34.06		33.58	33.96	34.20		34.56			34.59	34.46	34.39
8	45	34.57	34.41	34.30	34.11		33.73	34.11	34.31		34.72			34.63	34.47	34.37
9	54	34.51	34.45	34.21	34.05			34.11	34.27		34.59			34.65	32.65	34.66
10	49	34.53	34.40	33.77	34.05			34.11	34.27		34.66			34.64	32.13	34.13
11	38	34.57	34.38	34.30	34.12		33.60	34.03	34.28		34.70			34.63	34.47	34.36
12	29	34.56	34.27	34.29	34.08		33.49	33.97	34.25		34.55			34.63	34.43	34.36
13	17	34.18		34.19	33.69		33.37	33.86	34.12		34.59			34.62	34.25	34.35
14	15	34.27			32.81		33.14	33.93	33.90		34.70			34.60	34.16	33.89
15	28	34.50	34.31	34.29	34.03		33.58	34.00	34.22		34.63			34.56	34.48	34.38
16	39	34.55	34.36	34.30	34.12		33.63	34.02	34.30		34.73			34.59	34.52	34.37
17	56	34.56	34.47	34.30	34.09			34.07	34.28		34.74			34.63	34.45	34.34
18	49	34.56	34.47	34.03	33.95			34.09	34.26		34.78			34.63	34.40	34.30
19	32	34.50	34.34	34.23	34.02		33.64	34.04	34.19		34.70			34.60	34.41	34.33
20	24		34.20	34.21	33.62		33.07	33.94			34.68			34.60	34.40	34.16
Mean		34.50	34.37	34.23	33.95		33.51	34.02	34.28	34.50	34.65			34.61	34.21	34.29
Std. dev.±		0.10	0.07	0.14	0.30		0.21	0.07	0.19	0.40	0.08			0.02	0.63	0.13

Table 3. Composition of bottom materials (sediments) on each station (%).

station	〉4000μ	4000～1000μ	1000～500μ	500～149μ	〈149μ
1	85.0 (%)	12.1 (%)	1.4 (%)	1.2 (%)	0 (%)
2	0.7	9.7	4.7	21.7	62.6
3	0	0.2	0.2	10.0	89.0
4	0.4	1.0	0.8	32.0	65.8
5	0.1	4.7	3.1	34.8	56.5
6	0.1	0.6	1.9	65.8	31.7
7	0	2.3	5.8	50.4	40.9
8	0	0.6	1.3	39.3	58.4
9	0	0.0	0.1	15.8	83.8
10	0	0.2	0.6	22.0	77.0
11	0	0.9	1.4	50.2	47.1
12	0	0.7	1.1	45.3	52.4
13	0	0.2	0.2	52.6	46.8
14	0	0.1	0.2	60.6	38.2
15	0	0.2	0.5	41.2	57.6
16	0	0.5	0.8	35.9	62.4
17	0	0.2	0.4	21.0	77.9
18	0.1	0.3	0.6	23.8	74.1
19	4.2	27.9	30.0	13.4	23.7
20	4.3	11.7	40.4	42.6	0.5

Table 4. Mean numbers of benthos communities collected by dredge in each stations.

Species name \ station	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	Total
Cavernularia obesa MILNE EDWARDS et HAILME			0.3							0.2	1.0					1.5
Pteroeides sparmanni KÖLLIDER						0.1										0.1
Aphrodita australis BAIRD					0.1	0.1		0.1		0.4			0.1			0.8
Laetmonice Japonica MCINTOSH			0.1													0.1
Polychaeta	10.0		0.3		0.8	0.6	4.0	0.3	1.3	3.0			0.7		0.8	21.8
Nest og Sedentaria			1.3	2.0	0.4	0.2		0.1		3.0	18.0	4.0	1.0			30.0
Neverita didyma (RÖDING)															0.1	0.1
Babylonia Japonica (REEVE)					0.1											0.1
Siphonalia cassidariaeformis (REEVE)							1.0			0.1						1.1
Siphonalia pfeifferi SOWERBY											0.6					0.6
Niotha clathratus (LAMARCK)				2.0	0.4	0.6	8.0		0.3	0.7			0.5	1.0	0.7	14.2
Reticunassa beata (GOULD)					0.3										0.5	0.8
Oliva mustelina LAMARCK									0.3	0.6	0.2					1.1
Lophiotoma leucotropis (ADAMS & REEVE)										0.1						0.1
Brachytoma Jeffreysi (SMITH)			0.1		0.1					0.1						0.3
Triplostephanus triseriata (GRAY)														1.0		1.0
Perirhoe straminea (GRAY)				1.0	1.1	0.4	1.0		0.3	2.3	1.0		0.2		1.1	8.4
Anadara (Scaphara) nipponensis (PILSBRY)					0.1					0.3	0.8					1.2
Musculus senhousia (BENSON)			0.3		0.4	0.1		0.5	0.3				0.1			1.7
Paphia euglypta (PHILIPPI)			0.1							0.1						0.2
Paphia amabilis (PHILIPPI)							1.0								0.1	1.1
Paphia undulata (BORN)															0.3	0.3
Euprymna morsei VERRILI			0.1													0.1
Octopus minor (SASAKI)		0.2							0.3							0.5
Octopus ocellatus GRAY						0.2				0.2			0.1			0.5
Paguridae				10.0	0.1					0.2						10.3
Trachypenaeus curvirostris STIMPSON			0.3		0.5	0.2					0.2				0.3	1.5
Metapenaeopsis acclivis (RATHBUN)		0.4	0.4		0.4	1.1		0.1		0.6			0.1	2.0	0.5	5.6
Alpheus brevicristatus DE HAAN		0.4			0.1			0.1		0.1						0.7
Dorippe Japonica Von SIEBOLD			0.1		0.9											1.0
Dorippe granulata DE HAAN									0.3	0.1					0.9	1.3
Myra fugax (FABRICIUS)			0.3		0.2	0.2				0.2						0.9
Leucosia longifrons DE HAAN				3.0	0.2				0.6						0.3	4.1
Philyra syndactyla ORTMANN					0.2					0.2						0.4
Arcania undecimspinosa DE HAAN							1.0									1.0
Calappa lophos (HERBST)					0.1	0.2					0.2					0.5
Scyra compressipes STIMPSON					0.3			0.1								0.4
Pleistacantha sancti－Johannis MIERS				1.0												1.0
Lambrus validus DE HAAN											0.2					0.2
Portunus sanguinolentus (HERBST)										0.1	0.8					0.9
Portunus gladiator FABRICIUS			0.1		0.1	0.1										0.3
Podophthalmus vigil (FABRICIUS)			0.1		0.1											0.2
Charybdis Japonica A. MILNE－EDWARDS				1.0	0.1					0.1		0.5	0.4			2.1
Charybdis bimuaculata (MIERS)		0.2	0.1		0.2	0.1		0.1		0.2			0.1		0.1	1.1
Ommatocarcinus mecgillivrayi WHITE			0.1					0.1								0.2
Retropluma denticulata RATHBUN			0.6													0.6
Acmaeopleura parvula STIMPSON															0.1	0.1
Nest (tube) of Amphipoda	31.0	25.0														56.0
Ophioplocus Japonicus CLARK	0.5	0.8	0.6		0.2			0.6					0.1	7.0	0.3	10.1
Ctenopleura fisheri HAYASHI		0.2	1.4		0.2	1.5	1.0		1.7	0.7	0.2		1.1		0.1	8.1
Astropecten scoparius VALENCIENNES						0.5		0.3		0.1	0.8		0.1			1.8
Luidia quinaria VON MARTENS			0.1		0.2					0.6	0.2		0.1			1.2
Scaphechinus brevis (IKEDA)			0.6								13.0		0.1		0.1	13.8
Echinocardium cordatum (PENNANT)			2.0		1.8	0.5	7.0					22.0	0.7		0.1	34.1
Brissus agassizi (DÖDERLEIN)			0.1		1.4				3.7	5.5					2.7	13.4
Holothroidea		0.2	0.7		0.5			0.1					0.1	2.0	0.1	3.7
Bregmaceros Japonicus TANAKA													0.1			0.1
Aseraggodes kobensis (STEINDACHNER)		0.2			0.1	0.3		0.3		0.2						1.1
Sillago sihama (FORSKAL)											0.1	0.5				0.6
Cynoglossus interruptus GÜNTHER					0.1	0.1							0.2			0.4
Pseudorhombus pentophthalmus GÜNTHER						0.1			0.3							0.4
Congridae						0.1					0.2					0.3
ドレッヂ曳航回数	2	6	7	1	10	9	1	17	3	11	7	2	9	1	6	

Appendex Table 1.

Individual numbers of benthos communities collected by dredge.

Species name \ Date / station	1966. 5. 31									1966. 6. 21						
	2	4	7	8	9	10	12	16	18	Total	6	8	10	12	15	16	19	Total
Aphrodita australis BAIRD				1						1	1		1					2
Polychaeta	20			1	4					35							2	2
Tube of Polychaeta						1				1	2				8	1		11
Siponalia cassidariaeformis (REEVE)						1				1								
Niotha clathratus (LAMARCK)				2	8		1		1	12	2							2
Oliva mustelina LAMARCK														4				4
Lophiotoma leucotropis (ADAMS & REEVE)							1			1								
Triplostephanus triseriata (GRAY)										1								
Perirhoe straminea (GRAY)			3	1	1					5	1						4	5
Musculus senhousia (BENSON)						3				3								
Paphia amabilis (PHILIPPI)					1					1								
Paphia undulata (BORN)																	1	1
Octopus ocellatus GRAY												1				1		2
Paguridae			1							1	10							10
Trachypenaeus curvirostris STIMPSON																	2	2
Metapenaeopsis acclivis (RATHBUN)		1	1						2	4								
Charybdis Japonica A. MILNE-EDWARDS											1			1				2
Leucosia longifrons DE HAAN											3							3
Pleistachantha sancti-Johannis MIERS											1							1
Arcania undecimspinosa DE HAAN					1													
Tube of Amphipoda	60									60								
Ophioplocus Japonicus CLARK		1				1		1	7	10								
Ctenopleura fisheri HAYASHI				3	1					4		1					1	2
Scaphechinus brevis (IKEDA)																	1	1
Luidia quinaria VON MARTENS								1		1								
Echinocardium cordatum (PENNANT)		1		3	7		1	2		14		1			21	1		23
Brissus agassizi (DODERLEIN)																	12	12
Holothroidea									2	2							12	12
Aseraggodes kobensis (STEINDACHNER)													1	1				2
Anago anago (TEMMINCK et SCHLEGEL)			1							1								
Cynoglossus interruptus GUNTHER "				1						1								

Species name \ Date / station	1966 . 7 . 13								1966 . 9 . 6					1966 . 10 . 19						
	3	4	7	8	10	11	12	16	Total	7	12	14	19	Total	7	8	12	14	16	19	Total
Cavernularia obesa MILNE EDWARDS et HAILME																		3			3
Pteroeides sparmanni KÖLLIKER																1					1
Aphrodita australis BAIRD								1	1												
Laetmonice Japonica MCINTOSH		1							1												
Polychaeta					1	1			2	4			3	7			1				1
Tube of Polychaeta											27			27	4			24	4		32
Siphonalia pfeifferi SOWERBY												1		1							
Neverita didyma (RODING)														1							
Niotha clathratus (LAMARCK)							2	2	4						2		2				4
Oliva mustelina LAMARCK											2			2							
Perirhoe straminea (GRAY)				2			7		9			2		2	4			5	1	1	11
Anadara (Scapharca) nipponensis (PILSBRY)											2			2	1						1
Musculus senhousia (BENSON)															4						4
Reticunassa beata (GOULD)										3			3	6							
Dorippe Japonica Von SIEBOLD										7				7							
Dorippe granulata DE HAAN																			5		5
Leucosia longifrons DE HAAN																				2	2
Philyra syndactyla ORTMANN										2				2							
Calappa lophos (HERBST)										1		1		2							
Ommatocarcinus mecgillivrayi WHITE		1							1												
Octopus ocellatus GRAY				1					1												
Ophioplocus Japonicus GLARK		3	1		1				5											1	1
Ctenopleura fisheri HAYASHI		3		2		1	1	1	8	2	5	1		8		3	1	1	5		10
Luidia quinaria VON MARTENS		1					1		2												
Echinocardium cordatum (PENNANT)				1			1	3	5						2		13				15
Brissus agassizi (DÖDERLEIN)										1			1	2							
Holothroidea		1			1				2						2						2
Trachypenaeus curvirostris STIMPSON		1							1	1				1	3	1					4
Metapenaeopsis acclivis (PATHBUN)													1	1							
Aseraggodes kobensis (STEINDACHNER)	1								1							2					2
Anago anago (TEMMINCK et SCHLEGEL)				1					1												
Rhynchocymba nystromi nystromi (JORDAN et SNYDER)												1		1							
Pseudorhombus pentophthalmus GUNTHER						1			1												
Cynoglossus interruptus GÜNTHER								1	1												

Species name \ Date / Station	1966 . 11 . 7										1966 . 12 . 12								
	3	4	7	8	11	12	14	16	19	Total	3	4	7	8	11	12	15	16	19	Total
Cavernularia obesa MILNE EDWARDS et HAILME							1			1										
Aphrodita australis BAIRD			1			1				2						1				1
Polychaeta				1				1		2		2			3	1		3		9
Niotha clathratus (LAMARCK)			2	2	1	1			1	7		1							1	2
Brachytoma Jeffreysi (SMITH)													1			1				2
Oliva mustelina LAMARCK					1		1			2										
Perirhoe straminea (GRAY)			1		1			1	2	5				2		6		1		9
Anadara (Scapharca) nipponensis (PILSBRY)						1	4			5										
Paphia euglypta (PHILIPPI)		1								1										
Siphonalia pfeifferi SOWERBY							2			2										
Musculus senhousia (BENSON)					1					1										
Paphia amabilis (PHILIPPI)									1	1										
Paphia undulata (BORN)									1	1										
Octopus ocellatus GRAY						1				1				1						1
Trachycardium curvirostris STIMPSON				1			1			2		1	1							2
Metapenaeopsis aclivis (RATH	1								1	2			1							1
Dorippe japonica Von SIEBOLD													1							1
Dorippe granulata DE HAAN					1	1				2										
Myra fugax (FABRICIUS)						2				2			1		1					2
Leucosis longifrons DE HAAN			1		2					3										
Philyra syndactyla ORTMANN						1				1						1				1
Lambrus validus DE HAAN							1			1										
Portunus sanguinolentus (HERBST)						1	3			4										
Podophthalms vigil (FABRICIUS)													1							1
Charybdis japonica (A. MILNE-EDWARDS)													1				1	3		5
Calappa lophos (HERBST)				1						1										
Tube of Amphipoda	2					2				4	106									106
Ophioplocus japonicus CLARK			1							1	1								1	2
Ctenopleura fisheri HAYASHI		1			2			2		5		6	2	2	2			1		13
Echinocardium cordatum (PENNANT)			1			3				4			13	1			23		2	39
Brissus agassizi (LODER'EIN)					11				2	13										
Holothroidea													3						1	4
Bregmaceros japonicus TANAKA								1		1		1								1
Aseraggodes kobensis (STEINDACHNER)				1						1										
Sillago sihama (FORSKAL)																	1			1
Cynoglossus interruptus GUNTHER												1						1		2
Pseudorhombus pentophthalmus GÜNTHER				1						1										
Anago anago (TEMMINCK et SCHLEGEL)														1						1

Species name \ Date	1967 . 1 . 27								1967 . 4 . 24								
Station	3	7	8	10	12	14	16	Total	3	4	7	8	10	12	14	16	19	Total
Cavernularia obesa MILNE EDWARDS et HAILME															1			1
Polychaeta		1	1	1		20	1	24										
Tube of Polychaeta						40	12	52								2		2
Siphonalia pfeifferi SOWERBY															1			1
Niotha clathratus (LAMARCK)												1		1		1	2	5
Musculus senhousia (BENSON)												1						1
Paphia euglypta (PHILIPPI)										1								1
Euprymna morsei VERRILI									1	1								1
Octopus minor (SASAKI)									1									1
Octopus ocellatus GRAY						1		1						1				1
Trachypenaeus curvirostris STIMPSON			1					1										
Metapenaeopsis acclivis (RATHBUN)									1	1	2	9				1	1	15
Alpheus brevicristatus DE HAAN					1			1	2				1	1				4
Paguridae		1						1										
Myra fugax (FABRICIUS)				1				1										
Philyra syndactyla ORTMANN																		
Calappa lophos (HERBST)												1						1
Scyra compressipes STIMPSON															1			1
Portumus gladiator FABRICIUS		1						1		1		1						2
Charybdis bimuaculata MIERS									1	1		1	1	2		1	1	8
Retropluma denticulata RATHBUN	50							50		4								4
Tube of Amphipoda				2				2										
Ophioplocus japonicus CLARK										2								2
Ctenopleura fisheri HAYASHI			2	1			1	4		3		1						4
Astropecten scoparius VALENCIENNES												2			2	1		5
Brissus agassizi (DoDERLEIN)					1			1			4			35				39
Aseraggodes kobensis (STEINDACHNER)						1		1						1				1
Sillago sihama (FÖRSKAL)																		
Cynoglossus interruptus GÜNTHER											1							1

Species name \ Date / Station	1967 . 5 . 19								1957 . 6 . 6						
	4	7	8	10	12	14	16	Total	2	3	4	7	10	12	Total
Cavernularia obesa MILNE EDWARDS et HAILME					1			1			2				2
Polychaeta	1			1	2		1	5			1	3			4
Tube of Polychaeta			2			2	1	5			9			5	14
Niotha clathratus (LAMARCK)							1	1							
Perirhoe straminea (GRAY)		3			7		1	11						1	1
Musculus senhousia (BENSON)	1		1				1	3							
Myra fugax (FABRICIUS)	1		1					2							
Leucosia longifrons DE HAAN												1			1
Charybdis bimuaculata (MIERS)		1						1							
Portunus gladiator FABRICIUS												1			1
Portunus sanguinolentus (HERBST)						1		1							
Scyra compressipes STIMPSON						1		1							
Ommatocarinus mecgillivrayi WHITE				1				1							
Metapenaeopsis acclivis (RATHBUN)				1	6			7							
Alpheus brevicristatus DE HAAN		1						1							
Tube of Amphipoda									2	42					44
Ophioplocus japonicus CLARK									1	1					2
Ctenopleura fisheri HAYASHI										1				1	2
Astropecten scoparius VALENCIENNES			2	1	1	2		6							
Scaphechinus brevis (IKEDA)						12		12			4				4
Echinocardium cordatum (PENNANT)														2	2
Brissus agassizi (DÖDERLEIN)		6						6			1	3			4
Holothroidea	1							1							
Aseraggodes kobensis (STEINDACHNER)													1		1

Appendex Table 2.

Individual numbers of benthos communities collected by bottom sampler.

Date : 1966 . 12 . 12

Species name \ station	2	3	1	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	19	20	Total
Amprelisca diadema (COSTA)																
	61	90	2	3					1	1	1	1	1			161
			1			3							1	1	1	7
Polychaeta				3			1				2					6
Leucosildae					11					7	2	2				22
Portunidae								1								1
										1						1
Macrura				1	3	3							1	1	1	10
Gammaridae					4	2	8	1	2		6	6	5			34
						1			1							2
Mysidae					2						1	1				4
Ophiuroidea														1		1

Date : 1967 . 4 . 24

Species name \ station	2	3	4	6	7	Total
Polychaeta	3		1	4		8
Bivalvia		1		2		3
Brachyura				1	1	2
Macrura	1			3		4
Ampelisca diadema (COSTA)						
T. L12～9 mm	35					35
〃 8～5 mm		10			1	11
〃 4～2 mm	188					188
棲管		4				4
Ophiuroidea	1					1

Date ; 1967 . 6 . 6

Species name \ station	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
Polychaeta			1	5						4		6	1	3		3		23
						1							3					4
Biualvia				1		2							2				1	6
Brachyura									1									1
Perirhoe straminea											1							1
Macrura				1	1	1				3		1	3					10
Mysidae				1								9						10
Ampeliscadiadema																		
	13		10							2			1	1				27
									2					4	2			8
	182	106	138			2		4		4						4		440
	>50	>50	>50					1	3	5								>159
Ophiuroidea	2				1													3

Appendex table 3. Individual numbers of benthos communities collected by dradge and bottom sampler.

Date	1967 . 6 . 22								1967 . 6 . 22							
implements	Bottom sampler								Dredge							
Species name exceptional station	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total
Polychaeta	4	4		4	3	6		21				3			1	4
Tube of Polychaeta	5	3			2			10	50	50	7	3				110
Neverita didyma (RODING)										1						1
Babylonia preifferi SOWERBY										1						1
										1						1
Anadara (Scapharca) nipponensis (PILSBRY)	1							1	6	9						9
Cardiomya gouldiana (Hinds)						2		2								
Niotha clathratus (LAMARK) RCK)													1			1
Perirhoe staminea (GRAY)											4	4				8
Callista chinensis (HOLTEN)										1						1
Paguridae										30						30
Goneplacidae														1		1
Bivalvia	9			1		4	2	16								
Macrura	9			1		4	2	16								
Ampelisca diadema (COSTA)																
	15	1	1	1		4	1	23								
	20				12	460		492								
	10						13	13								
Tube of Amphipoda						>50		>50								
Astropecten scoparius VALENCIENNES												1		2		3
Cavernularia obesa MILNE EDWARDS et HAILME									5	7						12

Appendex table 3. Individual numbers of benthos communities collected by dradge and bottom sampler.

目　　次

上田和夫・石岡宏子・岡本　亮・福原　修

種苗生産に関する基礎的研究

第Ⅰ報マダイ仔魚期における膀胱内異物形成と成長、死亡との関係について……1

石岡宏子・上田和夫・岡本　亮・福原　修

種苗生産に関する基礎的研究

第Ⅱ報マダイの膀胱内異物の性状について……11

月舘潤一

ノリの微生物学的研究—Ⅰ

細菌分離法の検討……19

種苗生産に関する基礎的研究*

第Ⅰ報　マダイ仔魚期における膀胱内異物成形と成長・死亡との関係について

上田 和夫・石岡 宏子・岡本　亮・福原　修

THE BASIC STUDY ON THE PRODUCTION OF MARING FISH SEEDLING

I. The Effect of The Foreign Body in Urinary Bladder on The Growth and Mortality of The Larvae of Red Sea Bream *Pagrus major* (Temminck et Schlegel)

Kazuo Ueda, Hiroko Ishioka, Ryo Okamoto and Osamu Fukuhara

The high mortality of larval stage has been observed in rearing of some marine fishes, since the works on the production of the seedling were estanblished in Japan.

Although many factors could be considered as the causes of high mortality, diseaes and unsuitability of foods should be estimated as the causes of main troubles.

Authors have studied on the diseases, which might be the causes of the problem since 1966. Some symptoms such as abnormal shape of notochord, existence of air bubbles in digestive duct and of foreign body in urinary bladder, etc. have been observed.

In this paper, authors deal with the relationships between the chlorinity of rearing medium and the formation of the foreign body, and with the effects of its formation to the growth and mortality on red sea bream, *Pagrus major* (Temminck et Schlegel).

The results so far obtained are summarized as follows;

(1) The suitable chlorinity range for normal larval development was approximately from 18 ‰ to 20 ‰.

(2) The number of the larva holding the foreign body in urinary bladder was greater with higher chlorinity of rearing medium ranging between 14 ‰ and 22 ‰.

(3) The formation of the foreign body may not affect the larval development up to stage of 20 days old larvae.

* 1970年5月31日受理：南西海区水産研究所業績第20号

はしがき

海産魚の人工種苗生産の仔魚飼育において，一般にきわめて大きな死亡がみられ，種苗生産研究およびその事業の推進の大きな障害となっている。このような仔魚期の死亡要因としては仔魚の生物学的条件ならびに飼育条件が考えられるがとくに仔魚に与える餌，環境条件の適否および疾病などがあげられている。これに対しこ仔魚期における給餌，水質管理，疾病予防などの基礎研究が早急に行なわれる必要がある。

著者等はとくに仔魚期の疾病の問題をとりあげ1966年から海産仔魚の疾病の症状およびその発生要因の研究に努めつつある。

海産仔魚の飼育中に種々の症状がみとめられるが，とくに２，３の魚種について，膀胱内に異物の出現，消化管に気胞が認められるもの，脊索彎曲の奇形が多く出現する症状などが認められ，仔魚の死亡に大きく関与していると思われている（内海区水産研究所・栽培漁業協会：1966，山下：1966)。

これら仔魚の死亡要因と思われるもののうち，この報告は，マダイを材料として膀胱内異物の症状とその発生要因との関係について研究したものである (Fig. 1)。

カサゴでは，この膀胱内異状の症状は天然産の仔魚にも認められている（内海区水産研究所・栽培漁業協会：1966)。

なお，サルトン海（カルフオルニヤ）のマカジキでは，成体でも調査尾数（533尾）の 46.3％が，中腎輸管中に “Kidney stones” を有していたことが報告されている(G. B. Talbot：1967)。

ここではマダイ仔魚の膀胱内異物の形成について，その形成率と塩分との関係を中心にして成長・死亡との相互関係を検討し，異物の形成の現象が異常な生理現象であるか否かおよびこれが死亡の１要因になりうるか否かを調べるため２ケ年にわたり飼育実験を実施した。

Fig. 1. The appearance of the foreign body in urinary bladder.

材料と方法

材料はマダイの孵化直後から体長約 7.0 ㎜までの飼育魚を用い1966年5月18日より6月９日の20間に瀬戸内海栽培漁業センター・伯方島事業場内で飼育実験した。

まず本実験に入るに当り，塩分と膀胱内異物の形成率との関係を求めるために1967年5月19日より6月10日までの20日間にわたり前記の場所で，孵化後6日目から体長8.5㎜までの飼育魚を用いて予備実験た行なった。

これによれば，塩分が前記事業場周辺海域の海水（塩素量約18％）より高い試験区ではその形成率は高く，低い試験区では低いという知見が得られた(Fig. 3-1)。

この予備実験の知見に基づいて人工受精卵よりの孵化仔魚 500 尾を30 ℓ 容ポリカーボネイト製円型水槽に収容し，本実験を実施した。飼育試験区については伯方島周辺海域の現場海水塩分より低い塩分区，近以する塩分区，高い塩分区としてそれぞれⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵの６区を設定し１試験区は比較のために２水槽づつ用い，A，B２シリーズとして同時並行して行なった。

低塩分海水区の調製は現場海水（18.60‰）を蒸溜水にて希釈し高塩分海水区は，現場海水に塩田で濃縮した高塩分海水を加えた。飼育期間中に蒸発にともなう塩分の上昇は適時蒸溜水を少量添加することにより

調製した。

飼育は僅かに送気しながら止水中で行なった。

仔魚の初期餌料にはカキ幼生，次期餌料としていシオミズツボワムシを与えた。マダイ仔魚の摂餌開始期にあたる孵化後３日目の５月23日から６月６日まではカキ幼生，仔魚の餌料要求が変ると考えられている孵化後９日目の５月28日から６月８日まではシオミズツボワムシを与えた。両者の投餌量は正常な発育に充分と考えられる量（カキ幼生，140×10^4個，シオミズツボワムシ，8.4×10^4個）を毎日１回，午前10時～11時の間に投与した。

魚体の観察は収容日から６日毎に測定日を設定し各試験区当り20尾づつとりあげ膀胱内異物の有無および体長・総長について検鏡計測をし，半数づつブアン氏液，10%—中性ホルマリン液で固定して組織学的研究に供した。飼育中に死亡した個体については全飼育期間を通じて４時間毎に観察しとりあげ腔脱内異物の有無について調査した。

試験期間の飼育条件は水温，pH, 比重，および照度を毎日午前10時に測定し，塩検および溶存酸素の測定は魚体測定日の翌日に行なった。

実験結果と考察

1. 飼育条件

水温，塩分，溶存酸素，pH, は全飼育期間にわたって，各試験区とも相互に大きな変化はなく，水温は20～21°C，溶存酸素は4.7～6.4cc/l，pH, は7.6～8.2であった。

塩分の変化は，Ⅰ区：14.20～14.30‰，Ⅱ区：16.30～16.40‰，Ⅲ区：17.30～17.70‰，Ⅳ区：18.40～18.90‰，Ⅴ区：19.90～20.00‰，Ⅵ区：21.70～21.80‰，であった。

照度は，全飼育期間を通じて，窓際にならべられたＡシリーズの試験区がやや高く平均1540 luxであり，その内側のＢシリーズは平均1139 luxであった。

Table 1—1. Numbers of 6 days old larvae died just after the experiment started. (1967)

Test lots by chlorinity (‰)	Numbers of larvae was seated	Numbers of larvae died
20	100	66
18	100	50
16	100	53
14	100	60

Table 1—2. Numbers of newly hatched larvae died just after the experiment started. (1968)

Test lots		Average of chlorinity (‰)	Numbers of larvae was seated	Numbers of larvae died
Ⅰ	A	14.20	500	0
	B	14.30	500	0
Ⅱ	A	16.30	500	0
	B	16.40	500	0
Ⅲ	A	17.30	500	137
	B	17.70	500	0
Ⅳ	A	18.40	500	0
	B	18.90	500	0
Ⅴ	A	19.90	500	0
	B	20.00	500	0
Ⅵ	A	21.70	500	0
	B	21.80	500	0

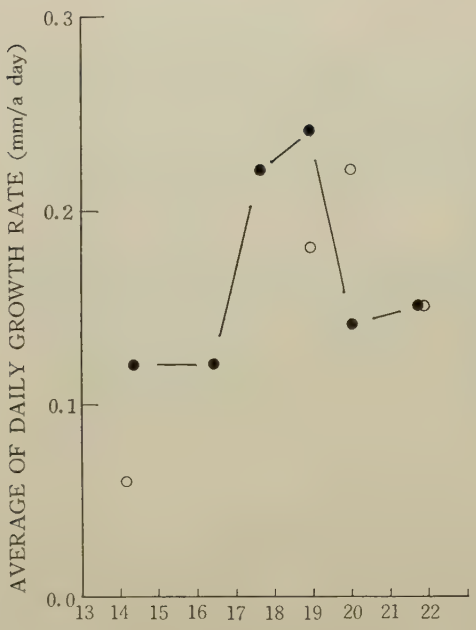


Fig. 2 Relation between the average of chlorinity and the average rate of daily growth through 20 days after hatching.
(● : A-series, ○ : B-series)

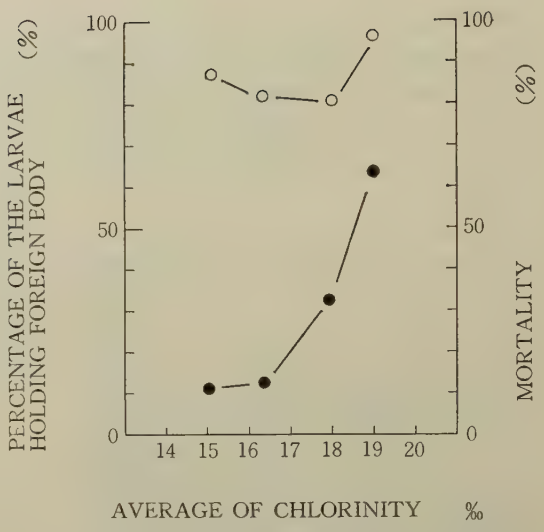


Fig. 3—1. Relationships between the percentage of the larvae holding foreign body in urinary bladder and mortality to newly hatched larvae, and average of chlorinity. (1967)
(○ : Mortality, ● : Percentage of the larvae holding foreign body.)

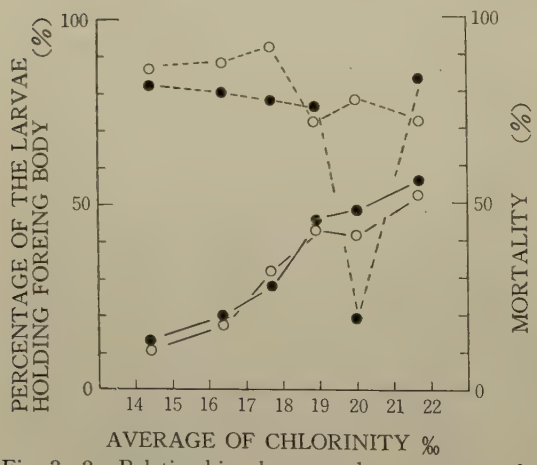


Fig. 3—2. Relationships between the percentage of the larvae holding foreign body in urinary bladder and mortality to newly hatched larvae, and average of chlorinity. (1968)
●···● : Mortality of A-series, ○···○ : Mortality of B-series.
●—● : Percentage of the larvae holding foreign body on A-series.
○—○ : Percentage of the larvae holding foreign body on B-series.

収容時の死亡は表1—1，1—2に示したが1967年の孵化後6日目の仔魚では全試験区で約50％を示し，1968年の孵化直後仔魚では，Aシリーズ中のⅢ区をのぞいてすべて健全であった。

総じて飼育期間中の全試験区の飼育条件は死亡による飼育仔魚の密度の変化をのぞいては，ほぼ同一条件であったと考えられる。

2. 成長・死亡と塩分との関係

飼育期間における平均日間成長率と塩分との関係をみると，現場海水と近似の塩分（Ⅳ区）がもっとも成長がよく，次いで高塩分区では落ち，低塩分区ではもっとも悪かった(Fig. 2)。

飼育中は出来るだけ，めんみつな観察につとめこの間死亡した個体はとりのぞいてその個体数を確認した。

しかし各水槽の全収容尾数の約34％の個体数が確認できなかった。このため1試験区当りの収容尾数に対する死亡率の計算にあたっては，確認できなかった数尾および観測のためにとりあげた尾

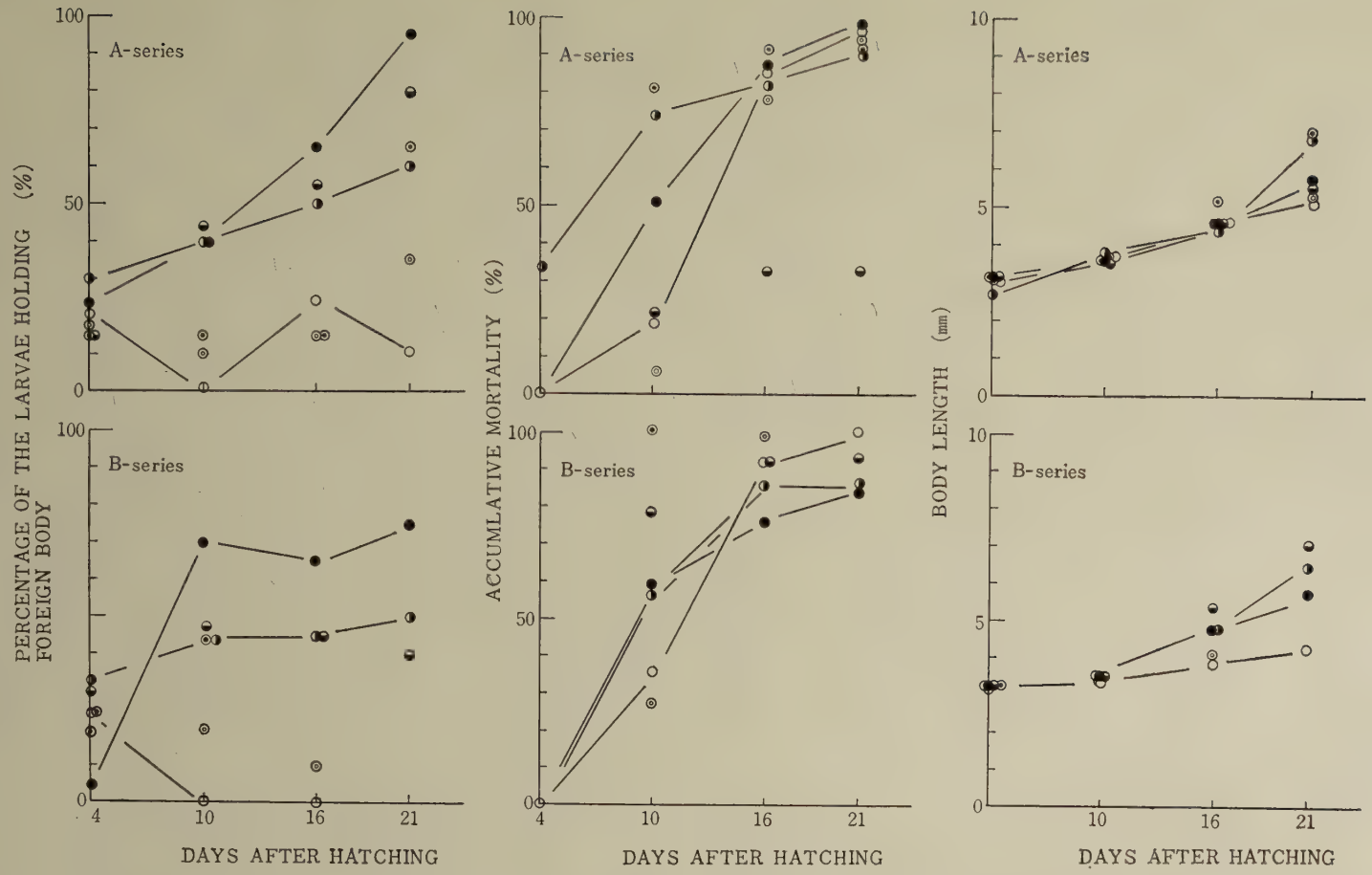


Fig. 4. Variation of the percentage of foreign body existence in urinary bladder observed every week, of accmulative mortality and of body length.

○—○ I-test lot (cl ; 14.20—14.30‰) : ◎—◎ II-test lot (cl ; 16.30—16.40‰)

⊙—⊙ III-test lot (cl ; 17.30—17.70‰) : ◑—◑ IV-test lot (cl ; 18.40—18.90‰)

◒—◒ V-test lot (cl ; 19.90—20.00‰) : ●—● VI-test lot (cl ; 21.70—21.80‰)

数を差し引いて，その数値を求めた。塩分と死亡率との関係は，複雑であったが，傾向としては現場海水塩分区附近で低く，高低両塩分区では高くなっている(Fig. 3–1, 2)。

塩分と仔魚の成長率および死亡率からみると，仔魚の生育は現場海水の塩分に近い塩分範囲（18.0～20.0‰)で良い。

3. 膀胱内異物の形成と塩分との関係

各塩分ごとに採集観察した全個体数に対する膀胱内異物形成個体数の比率を形成率として(Fig. 3–1, 2)に示した。膀胱内異物の形成率と塩分の関係は，低塩分のⅠ区で10%ともっとも低く，塩分が高くなるにつれて，その形成率も高まり高塩分のⅥ区では55～60%ともっとも高かった。すなわち，塩分が高けれが高いほど膀胱内異物は形成されやすい。この傾向は，別に異物形成率の経日変化をみると一そう明瞭となる。すなわち現場海水区（Ⅲ，Ⅳ区）および高塩分区（Ⅴ，Ⅵ区）では，その形成率は日を追って高まり100%近くになるが低塩分区（Ⅰ，Ⅱ区）では低く，35%近くになっている(Fig. 4)。

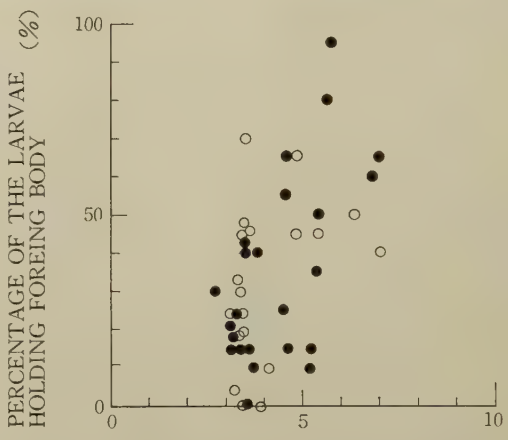


Fig. 5. Correlation between the average of body length and the percentage of larvae holding foreign body in urinary bladder. (●: A–series, ○: A–series.)

4. 膀胱内異物の形成と成長・死亡との関係

各試験区で各測定日にえられた異物形成率と体長との関係は，平均体長が大きくなれば異物形成率も比較的に大となり，体長が小さいと形成率が小さくなる傾向がある。(Fig. 5)

この傾向は塩分別の形成率と成長との経日変化の反映していると考える。すなわち日を追って各試験区ともに成長をしめすが，その形成率は現地海水近似区および高塩分区では，その形成率は高まる傾向を示し，低塩分区ではその形成率は一定かむしろ低まる傾向がある(Fig. 4)。

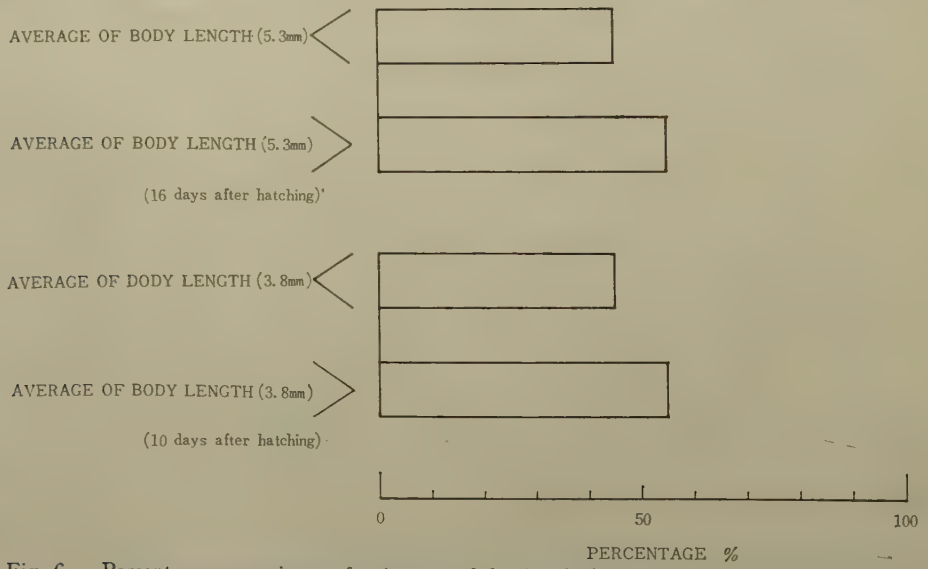


Fig. 6. Percentage comparisons of existence of foreign body in urinary bladder between the groups over and under the mean size.

また現地海水と近似の塩分区および高塩分区について，異物形成率平均50%を示した孵化後10日目（平均体長：3.4㎜），16日目平均体長：5.3㎜)にとりあげた資料に関して平均体長以上のものと以下のものとで，それぞれの異物形成個体数の占める比率を調べると，孵化後10日目，16日目ともに平均体長以上のもの45%，以下のもの55%であった。(Fig. 6) この結果について χ^2 検定をこころみると両者ともに90%信頼限界において有意の差が認められなかった。

著者等の実験では孵化直後の仔魚に異物形成が認められ，さらに Fig. 7 で示したように飼育条件を異にした場合孵化後14日目より異物形成が認められるようになる例もある。また1967年の予備実験において各測定日における異物形成の認められる体長巾と各体長組成中の異物形成個体数の占める割合を調べた結果，各測定日に現われた全体長範囲の異物形成個体が認められた。

これらのことから異物形成は，仔魚期のある特定の発育時期に形成されるものでなく，条件しだいで，いつでも形成される性質のものと考えられる。このような異物形成率と成長との間にはきわだった関係が認識されえないと考える (Fig. 5)。したがって異物形成が成長阻害の要因になっているとはいえない。

他方死亡についても、前日の生き残りに対する死亡率と異物形成率の関係をみると，現場海水と近似の塩分区および高塩分区では，異物形成率が高いと死亡率も比較的高く，低塩分区では異物形成率が低くても死亡率は高くなっている(Fig.8)。

この傾向は累積死亡率および異物形成率との経日変化にもみられる。低塩分区では，形成率は日を追って一定か低くなる傾向を示すのに，累積死亡率は高まっている (Fig. 4)。この場合塩分が仔魚の生育に不適当であるために，この条件下で与えられた刺戟が原因となって異物形成の生理学的過程とは無関係に死亡している場合とたとえその生理学的過程が進行しているとしても，膀胱内での異物形成をみないうちに死亡している場合とが考えられる。

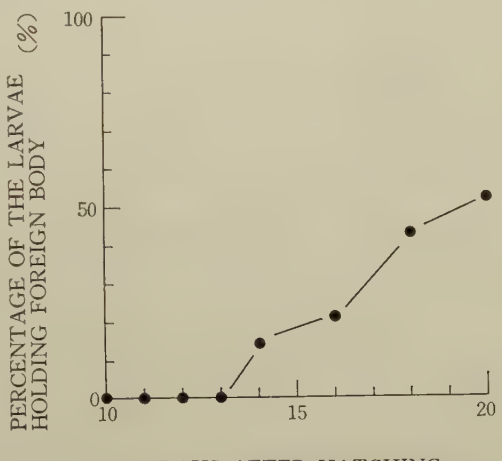


Fig. 7. Variation of percentage of the larvae holding foreign body in urinary bladder, reared in green water in polycarbonate tank 500 liters capacity. (after T. FURUSAWA ; unpublished.)

現地海水と近似の塩分区および高塩分区では，Aシリーズの V 区をのぞいて，一般の各測定日における累積死亡と異物形成率との関係は両者ともに高まる傾向をしめしている (Fig. 4)。この場合死亡が異物形成を通じて起っている場合が考えられるが，Aシリーズの V 区にみられるように，その形成率は日を追って高まっているのに，累積死亡率は変化しない例もあり，必ずしも異物形成を通して死亡しているとは考えられない場合もある。

同一試験区，同一測定日の生体と死亡個体の資料について，異物の有無の割合を調べることにより異物形成と死亡との結びつきを確かめようとしたが，死亡個体について4時間毎に観察・取りあげに努めたにもかかわらず，その死亡個体の膀胱部分が繊毛虫に喰い荒された個体が多く，異物の有無を確めることができなかった。しかし試みにこの繊毛虫による死亡個体の喰い荒しが比較的に少なかった孵化後10日目，16日目の資料について，8例をとり上述の関係をしらべてみた(Fig. 9)。生体・死亡個体いずれの場合も異物を形成している個体がそれぞれ同比率をしめる場合が多く異物形成が死亡と必ずしも結びつくかどうか明らかでない。

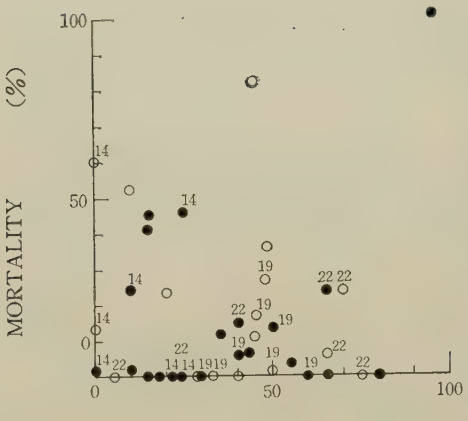


Fig. 8. Relation between the percentage of larvae holding foreign body in urinary bladder and mortality from the survivor of a day before.
Figures above the marke are average of chlorinity on every test lot.
(● : A–series, ○ : B–series.)

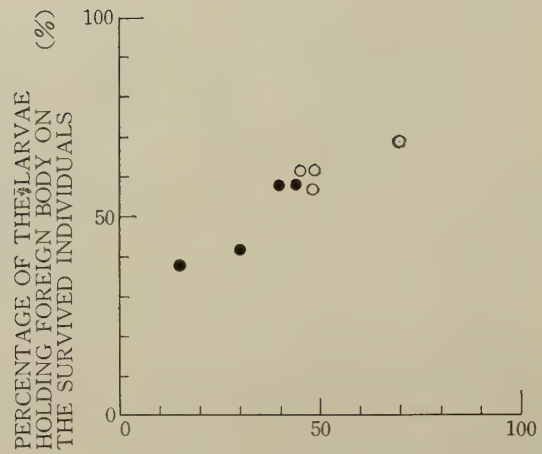


Fig. 9. Relation between the percentage of larvae holding foreign body in urinary bladder on the survived and died individuals at same date(at 10 days old and at 16 days old larvae).
(● : A–series, ○ : B–series.)

討　　議

1. 膀胱内異物の形成と塩分

飼育水の塩分濃度が高まるにともなって膀胱内異物の形成率が高くなる傾向をもつので一見，塩分による刺戟が原因となってその形成が行なわれているよう思われる。しかし低塩分の飼育水中でも異物が見られる個体が現われるし前述したように孵化直後仔魚にも既に異物形成がみとめられる場合があることから塩分以外の刺戟が直接原因となり塩分の条件は異物形成を助ける条件となっているとも思われる。

Kathleen Lonsdale (1968) は，人間の尿石について，有機酸塩から成る層状構造をX線回折の手法を用いてその組成を調べ，それが年齢別地方別に異ることを確かめた。さらに常用する飲食物，薬剤が組成に反映していることを推測している。

マダイ仔魚の膀胱内異物についての知識は極めて少ないが，山下 (1966) はその形態について顆粒状あるいは棒状を呈し，いわゆる結石様でないとのべている。著者等の観察でもほぼ同じで，次報で報告予定の組織学的研究によると，その主要構成々分と思われるものは，粘液多糖類と推測されるもので，金属物質特にカルシュウムは検出は顕著でない。したがって人間の尿石との類似性においてマダイ仔魚の膀胱内異物を考えられないかもしれないが，膀胱内異物の形成要因については，仔魚の生理学的条件と餌料成分・飼育水の塩分組成との対応関係を調べる必要があると考える。

2. 膀胱内異物の形成と成長・死亡との関係

マダイ仔魚の成長および死亡の状況から異物形成が病的過程かどうかを検討してみると，成長がよく死亡も比較的に少ない現場海水と近似の塩分区でも30～50%程度の異物形成を示すこと，異物形成が成長および死亡との関係が密接でないことからして，異物形成はマダイ仔魚の健康を害しているとは思われない。

したがって，マダイ仔魚の健康な生活を維持するための環境および生物学的条件についての特性が分っていない現在では，異物形成を病気として成長阻害および死亡の要因の一要素と推定することは出来ない。むしろ孵化後20日間の実験期間内では，マダイ仔魚の内的環境の恒常性維持のための生体反応の結果もたらさ

れるものと考えた方がよいとも思われる。

要　　約

マダイ仔魚の膀胱内異物の形成について，その形成率と塩分濃度との関係を中心にして成長・死亡との相互関係を把握し，異物形成が病的過程であり死亡の1要因であるかどうかを調べるために飼育実験を実施し，次の結果を得た。

1）仔魚の生育に好適な塩分範囲があり，その範囲は現場海水と近似の塩分（Cl：18.0～20.0‰）である。

2）膀胱内異物の形成率は，塩分が高くなるにつれて高くなる傾向を示した。

3）マダイ仔魚の孵化より20日間にわたる飼育実験結果では，膀胱内異物の形成と成長・死亡との間に密接な関係はないように思われた。

謝　　辞

報告に際し，御指導を賜わった当研究所池末弥前増殖部長，金子徳五郎現増殖部長および本稿の御校閲を賜った塚原博九州大学教授に厚く御礼申し上げる。また文献の紹介討議に御援助下さった斎藤雄之助増殖部病理研究室長，藤谷超栄養生理研究室長に感謝する。

実験に際しては，材料と場所の提供に御協力下さった鴉川正雄瀬戸内海栽培漁業センター伯方島事業場々長をはじめ職員の方々，とくに資料を心よく提供下さった古沢徹氏に厚くお礼申し上げる。また，有益な助言を賜った広島県水産試験場研究員北島力氏，伏見徹氏に感謝する。

文　　献

1）内海区水産研究所・栽培漁業協会．1966：栽培漁業，Ⅲ（Ⅲ，Ⅳ），9—18．

2）山下金義．1966：魚の小児科．神奈川県博物館協会報（17），15—18．

3）Talbot, G. B. 1967.: Urinary Calculi in Striped Marline. Trance. Amer, Fish. Soc., 96. (3). 355—357.

4）Lonsdale, K. 1968: Human Stones. Science., 159, 1199—1207.

種苗生産に関する基礎的研究

第Ⅱ報　マダイの膀胱内異物の性状について

石岡　宏子・上田　和夫・岡本　　亮
福原　　修

THE BASIC STUDY ON THE PRODUCTION OF MARINE FISH SEEDLING

II. Some Characteristics of Foreign Bodies in the Urinary Bladder Observed on Marine Fish, *Pagrus major* (Temminck et Schlegel)

Hiroko Ishioka, Kazuo Ueda, Ryo Okamoto and Osamu Fukuhara

As described in the precedent paper, the relationships between the chlorinity of rearing medium and the formation of the foreign body and the effects on its formation to the growth and mortality on red sea bream are studied. In this paper, some characteristics of foreign bodies are examined.

The fish are fixed in neutral 10% formalin solution, Bouin's fluid and absolute alcohol. The embedded samples in paraffin are cut 5—10 microns thickness and stained with Mayer's hematoxylin-eosin, purpurin, Von Kossa, alizarin S, PAS, Azan and etc.

The results obtained are as follows;

(1) The appearance of foreign bodies in the segmental duct and the urinary bladder are observed on the typical pronephric stage of *Pagrus major* (Temminck et Schlegel).

(2) The pronephron of this fish is composed of a single elongate glomerulus formed by fusion of the glomeruli of either side, a pair of pronephric tubules, a pair of segmental duct and a urinary bladder.

(3) The occurence of hyaline droplets and vacuoles on the tubule cells are observed on the pronephron of the fish holding foreign bodies in the urinary bladder.

(4) The foreign bodies are observed in the distal part of the segmental duct and the urinary bladder. On the structure of the foreign bodies, clear stratified forms are sometimes recognized. And it is found that this contains calcium and positive substance for PAS reaction.

ここ数年来，瀬戸内海海域を中心に海産魚の種苗生産技術の開発，研究が行なわれ，マダイ，クジメ，ウマズラハギ等では天然親魚からの採卵，採精によって人工授精を行ない，稚魚期まで育成することが可能に

※1970年5月31日受理：南西海区水産研究所業績第21号

なってきた。しかし稚仔魚飼育の間，技術的には多くの問題をかかえており，特に孵化仔魚の大量へい死対策は解決をせまられている問題である。そこでこの点に重点をおき，稚仔魚へい死要因の一つではないかと考えられていた，稚仔魚の膀胱内異物について[1]，前報[2]の飼育試験にひきつづき，膀胱内異物の成分推定，および，腎臓組織検査のための組織学的研究を行なった。

材　料　と　方　法

この実験では主としてマダイ *Pagrus major* (Temminck et Schlegel) を用い，塩分段階を 14.31‰から21.74‰ までの間，6区分した試験区を作り，この中から無作為に生きている個体を採取し，組織学的検査に供した。詳細な試験区，試験方法などは前報に記載したとおりである。この他にカサゴ，*Sebastiscus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes)，クジメ *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel) も一部使用した。

試料は各個体全体をそのまま中性ホルマリン，ブァン氏液，純アルコール液に固定し，パラフィン包埋後，5～10 μ の連続切片とし，主にマイヤー氏のヘマトキシリン，エオジン染色を行なった。その他，膀胱内異物検索のために，ブルブリン染色，硝酸溶解試験，ギブス反応，コッサ氏法，アザン染色，過沃素酸シッフ氏染色（ＰＡＳ法）を行なった。

結　　果

1．マダイ仔魚における腎尿路系の構造とその分化

マダイの卵は，径1.2mm，孵化直後仔魚は，全長約2.3mmである。著者らは，マダイの卵内胚体期における腎原基発生を観察することはできなかったので，フ化後の発生過程の観察を述べる。フ化直後のマダイでは，組織器官分化は，孵化直後のクジメ，ニジマス等に比べて非常に未発達で，全体的に好塩基性の細胞群の配列が観察される。孵化後0.5～１日目では，明瞭な構造としては，脳胞，脊髄，眼胞，外胚葉から完全に分離はしているが，まだ未発達のレンズ，耳胞，腸管等が区別でき，腎管の構造は一部でのみ認められたが，内腔は発達していない。

孵化後２日目の仔魚生体を顕微鏡下で観察すると，膀胱，輸尿管は存在し，膀胱内に異物が認められるものがあったにもかかわらず，完成した前腎糸毬体の構造を認めることはできなかった。

孵化後４日目の仔魚では，卵黄は腹腔内にあって肝臓に接してごく少量存在するが，一方で，全消化管は開通している。また，内胚葉性の臓器，例えば，肝臓，膵臓等の分化も進んでおり，明らかに消化管壁から分離している。体全体をみると，まだ，稚仔膜が遊離しているが鰓は発達しており，鰓は，外部と通じている。この時期の腎臓は，好塩基性に濃く染まるリンパ状組織と尿管系，および血管系より成り立っている。比較的太い血管をはさんでその両側にそれぞれ１個の糸毬体が形成されており，それに続いて１対の細尿管が複雑に迂曲して連なっている。これより輸尿管がはじまり，だいたい直走して膀胱にいたる。膀胱はいちじるしく扁平な単層上皮より成っている。これらの管，内腔はその構造が単調で発達は悪い。また，細尿管，および輸尿管の上皮は立方状上皮で，部位による上皮細胞の細胞構造の差は明らかでない。

孵化後10日目のマダイの腎臓の基本的な構造は，孵化後４日目の仔魚に比し，いちじるしく発生分化し，糸毬体はより大きくなり，細尿管の屈曲はより複雑になり，細尿管上皮には部分的に刷子縁が出現するようになる。この時期には，体内各器官，肝臓，膵臓，消化管，心臓等もよく発達してきている。

マダイ孵化後21日目の腎組織は，腎単位に相当すると思われる部分と血管系，間質より成るが，腎単位が大部分を占めている。腎単位は10日目のマダイと同じような構成である。太い血管をはさんで一対の糸毬体はさらに大きくなっている。細尿管に接続する部分はきわめて狭い管腔で，その部分の数個の細胞は，やや好塩基的に染る。そして直ちに長い刷子縁を有する上皮細胞より成る部分に続く。この部分は大きな立方状細胞と，ほとんど管腔をふさぐほど発達した刷子縁と細胞の中央部に位置する核によって簡単に見分けるこ

とができる。細胞質はエオジンに好染し，この中に大小の液胞が観察される。管腔はやがて太さを増し上皮細胞には刷子縁が認められなくなる。その部位の細胞の内腔壁は明瞭でない場合がある。この部分はかなり長く複雑に迂曲しており，また，管腔側の細胞壁に好塩基性の小顆粒状物質が散在付着している場合がある。細胞質には時に大きな空胞が認められる。これよりやがて直走し体尾側に向う輸尿管がはじまる。この孵化後21日目の仔魚では，これらの腎構造以外に間質の中に新しい糸毬体や細管，細胞集団が認められる。

クジメでは，孵化直後すでに太い血管の両側にこれに接続した左右各一個の糸毬体，および，1対の細尿管に続く輸尿管を経て膀胱にいたる構造が明らかである。糸毬体はよく導管化し，かつ細尿管の屈曲も複雑であるが，細尿管における上皮細胞の分化は明らかでない。孵化後20日頃までは，この細尿管の屈曲がより複雑になり，細尿管上皮細胞の分化，成長，糸毬体の成長等の変化が起っている。

2. マダイ仔魚生体における膀胱内異物観察所見

マダイでは孵化後2日目には，すでに膀胱内に異物が認められるものがあり，クジメの場合にも孵化直後に認められている。異物の存在部位は，生体を顕微鏡下で観察する場合，膀胱内および輸尿管末端管腔内である。この異物は固定せず無染色で生体のまま観察すると，外見上2種類にわけられる。1つは，ぶどう房状にかたまって塊をなすものであり，他は微小顆粒状のものである。（Figs. 1～2）前者は仔魚膀胱内に認

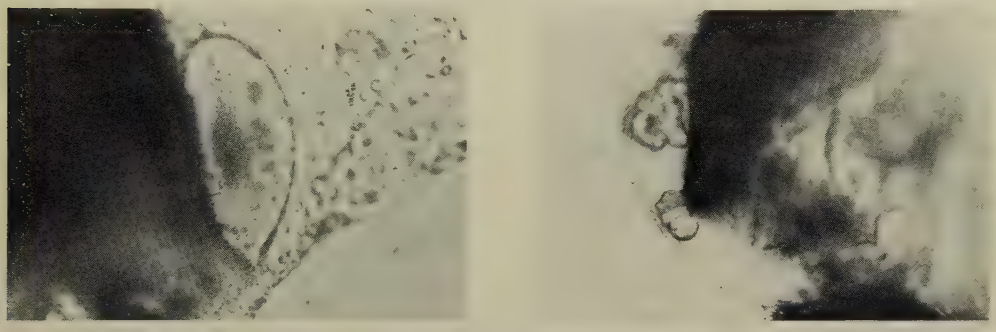


Fig. 1 Foreing Bodies in the Urinary Bladder

められる一小塊から膀胱全体をふさぐほどの大きさのものまであり，一見，固い物質のようである。外部構造としては，凹凸の多い塊であるが鋭角部分は認められない。また，まれには，輸尿管末端部から膀胱内に小塊状異物が落下する場合も認められた。異物の色は半透明なものが大部分であるが，まれには，赤色を帯びたものも認められた。しかし，これが，高鹹海水飼育の場合に特に認められることはなかった。飼育水の塩分の差が異物の形態，色等の差を生み出すことはなかった。

後者は低倍率で生体を検鏡すると，膀胱内でその周囲より密度が高いのでその存在がわかるだけである。高倍率では微小顆粒状にみえる。一般に稚仔魚飼育の過程で孵化後の初期に出現率が高い。個体によってはこの二種類の異物を共有している場合もある。今回の組織化学的実験では圧倒的に数の多い塊状異物を取り扱かっている。

3. 腎輸尿管系の病変

孵化後21日目のマダイ稚魚で，膀胱内異物を有する個体の腎臓の組織像を調べた。マダイ稚魚の場合，糸毬体については特に異常はなく，被膜の肥厚，糸毬体の膨大，核増殖，硝子様化，繊維性物質の沈着等は全く認められなかった。これに対して細尿管には，ホルマリン固定で，主に刷子縁を有する細胞に大小の硝子滴の出現，空胞の存在が認められた。また，細尿管末端部や輸尿管壁の細胞にも空胞の存在がしばしば認められた。空胞や硝子滴が存在しても刷子縁は消失せず残存している。間質の出血等は認められなかった。こ

れらの所見は，飼育水の塩分を変えて飼育した場合，各飼育区による差は認められなかった。なお，管腔内にエオジン好性の液状物や管腔壁に好塩基性物質が付着している場合が観察されたが，これは尿路系異物を持たない個体についても同じように認められた。

なお，膀胱内異物所有個体について肝臓の物質蓄積の多少，胃腸内物質の有物を調べた結果，19個体中，2個体だけが，胃内容物がなく，肝臓内貯蔵物質もきわめて少なかった。

4. 膀胱内異物の組織化学的所見

5～10 μ の組織切片で観察すると，塊状異物は生体で観察されたと同じように，膀胱内部，輸尿管末端部管腔内に認められ，輸尿管上部管腔内，細尿管内に塊状物が存在することはなかった。輸尿管壁，下部細尿管壁にヘマトキシリン・エオジン染色で紫青色の附着物が認められる場合もあったが，これは特に異物を所有していない個体にも認められている。組織切片で塊状異物を観察すると，異物の大きさとは無関係に無構造に物質が集合している場合と層状構造と判定できる場合が認められた。

孵化後20日目の稚魚で，膀胱内異物の成分を推測するために組織化学的な検索を行なった。その結果を，Table 1 に示す。ヘマトキシリン・エオジン染色では，異物は紫青色に染り，ブルプリン染色では緋色に染る。コッサ染色では，ケルンエヒトロートに薄く染る部分と，わずかの黒褐色沈着物が共に認められ，黒褐色沈着物が全く認められない個体も多数あった。ギプス反応では石膏の針状結晶は確認されず，膀胱内異物は，残存部分が多かった。5％硝酸中に2時間放置しても溶けない部分が多く，硝酸処理後，水洗してヘマトキシリン，エオジンで染めると紫青色に染る。アザン染色ではごく薄い青色に染り，ＰＡＳ染色では赤紫色に染る。アリザリン染色では，赤色に着色する。カサゴの稚魚の膀胱内異物について，ヘマトキシリン・エオジン染色，ブルプリン染色，コッサ染色，アリザリン染色を行い，マダイ稚魚における異物と同様の染色性が得られた。これら染色の結果からは，尿路系異物にはカルシウム成分とＰＡＳ陽性物質が含まれていることが推定された。

Table. 1

Histochemical characteristics of foreign bodies in the urinary bladder in the fry of red sea bream, Pagrus major (Temminck et Schlegel) on 20 days after hatching.

Staining Method \ Fixatives	neutral 10% Formalin Solution	absolute Ethyl-alcohol
Hematoxylin-eosin	purple	purple
Purpurin	red	red
Von Kossa	±	±
Calcium sulfate test	−	−
Nitric acid Soln. test	−	−
PAS	bright purple	bright purple
Azan	pale blue	pale blue
Alizarin S	+	

考　　察

魚類の腎臓に関しては，魚類が浸透圧では，淡水，海水という大きく異なった環境に分布棲息しており，その構造性質が系統発生学上特異であるために，昔から多くの研究がなされている。[3)4)5)6)7)] 小川は数多くの精細な観察を行ない，環境対応的に魚類の腎臓の組織構造の特徴を整理している。[8)9)] それによると，海産魚の場合は，水分保持のために，糸毬体数は少なく，細尿管では塩の再吸収機能を有する末部曲節の構造を欠くのが特徴であるという。しかし，稚仔魚に関しては，特に腎の構造と機能についての詳細な研究は少なく，主に腎の発生起源に目的をおく研究が多い。

一般に魚類の腎臓について，成魚では中腎が，稚仔魚の場合には前腎がその機能を果しているという。そして，他の脊椎動物と同じように，中胚葉から分化する体節と側板の間に生ずる腎節とよばれる細胞集団か

ら腎の分化は始まるという[10]。最近，Ford 等は，pink salmon で，前腎の形成について研究しており，それらの結果によると，この腎節の外層が外方へ膨出して，ついで，体節から分れて短い管となるのが前腎細管であるという。この細管が生ずる体節は種属によって異なるが，この種では，第2節から始まり，2～5節までは体腔壁に合体していまい，第6，第7節では，この腎節が側板から分離する際，融合して1対の前腎室を作る。第8節以降では腎節は互に融合し集合管をなし，さらに後方では前腎輸管となる。形成された前腎室は体の中央線で密接に近づき，各室中央部の陥入（invagination)に起源する毛毬体が融合し，1個の長い糸毬体を形成する。そしてこの前腎室の一方は管となり後方の輸尿管へ接続すると述べている。[11] 今回，筆者らが扱った，マダイ稚仔魚の腎発生の段階は，フ化後4日目において，この pink salmon や，Fundulus[12]，common perch[13] で調べられているように，また，竹下[14]が稚魚前腎の特徴として記しているように，太い血管をはさんで融合した大きな前腎糸毬体と膀胱に至る1対の細管系という構造形態完成の時期に相当しているようである。マダイはフ化後16～21日の間に新しい糸毬体や細管の発生が起っており，また，孵化後30日目の稚魚の膀胱内にも異物が検出されているが，成体での機能を果すべき中腎は完成してはいないので，膀胱内異物がしばしば発見されている時期は主に前腎期および，中腎発生初期であると考えられる。孵化後21日目，体長，約7.0mm以後のマダイでは体筋肉が発達し始め不透明さを増し，生体顕微鏡では尿路系異物を見ることができなくなるので，この時期以後，成魚に至るまで共通に異物を所有しているか否かは明らかではない。しかし，広島水試で養殖していたマダイ成魚の腎輸尿管中には，ヘマトキシリン・エオジン染色で，赤色，ＰＡＳ染色で赤紫色に染る物質が多量に検出されている一例があり，この物質が稚仔魚のものと同一物であるわけではないが興味深い。

ところで，この前腎細管の構造，染色性は，成魚マダイの場合とは異なっており，組織切片で観察された細尿管上皮の硝子滴様物，空胞，液胞の存在が病変であるか，生理的にある一定の状態にあるか等の判定は困難である。小川は金魚を海水へ移した後の腎臓の変化を組織学的に観察しており[15]，特徴的な退行変性，糸毬体の収縮，細尿管主部第一曲節のミトコンドリア消失を伴なった肥大，主部第二曲節では細胞肥大，分泌物増加その他を記載しているが，これらのような強度の変性は，今回の実験では明らかではない。

腎臓の機能的役割は体内で生成される老廃物の排泄と浸透圧調節および体内酸塩基平衡の維持であるという。[16] これは主に糸毬体の表皮を通して血液を一定方向に濾過することと，細尿管を通しての分泌，再吸収によるという。Armstrong は Fundulus で前腎の形態学的発生と機能発現についての関連実験を行なっているが，細尿管系が形態的に完成してもすぐには機能発現はなく，静脈毛細血管部分の発生に伴なって機能開始があるという。このような報告から推して，また，実際に顕微鏡下で排尿が観察されている点からも，今回の実験で扱かった魚については，一応，排泄機能は十分に果されている時期にあることがわかる。小川が述べているように，[17]海産魚に無糸毬体腎のものが存在することや，淡水魚と海産魚の前腎では少なくとも発生初期には構造が一致しているという事実を考え合わせると，海産稚仔魚の場合，塩を排泄し体成分を恒常に維持する機能は，腎管系では主に前腎細管で果されているのであろう。したがって細管の構造が問題になってくる。Nussbaum は，マス（Forelle）の前腎細管の細胞内構造物として，geordneten Körnchen,[18] 光輝性の種々の大きさの球体等の記載をしていて，後者は，今実験で認められた硝子滴のようにも思える（この場合には，ウォルフ氏管の中に尿酸塩結晶が充満しているという)。Ströer は，Common Perch の稚仔魚期の腎発生について詳しく記載しているが，細尿管の刷子縁を有する部分の細胞質内に，軽く染る spot や空胞の存在を認めている。海産魚と淡水魚でこれらの細胞内構造物の存在が全く同一の意義を持っているとは限らず，また，病的な場合もその可能性があり得るが，少なくとも細胞内に，液胞や空胞の存在，硝子滴様物の存在を病的なものと考えていない点は興味深い。

海産稚仔魚の飼育過程の中で膀胱中に異物が認められることは種苗生産技術研究の発展の段階で問題化され，“膀胱結石”と仮称されていた。現在まで，魚の膀胱内に異物ないし結石の存在を認めている報告は二，三あり，最近は，Makaira audax [19] の成魚で約2cmあまりの径の結石が報告されている。この結石は中央部分はやわらかいチョーク状の物質であるが大部分は燐酸カルシウムや燐酸マグネシウムで硬いものである

といわれる。また，尾崎によれば，Pitts (1934) は，Myoxocephalus octodecimspinosus の尿中には，$MgH \cdot PO_4 \cdot 3H_2O$ の白沈があることを証明したという。稚仔魚の尿路系異物について病例として報告されたものは少ないが，腎発生研究の際に認められて記載されているものはいくつかある。前述の Armstrong は Fundulus の前腎で，導管系の完成に少し遅れて機能発現があるとしているが，その根拠の一つとして，この時期に膀胱内に沈澱性微粒子が認められるとし，前述の如く，Nussbaum はマスで，ウォルフ氏管の中に，Krystallen harnsauer Salze が充満していると述べている。最近，山下がマダイで膀胱や輸尿管内に結石があり，結石の出現率は10～40%にのぼると報告している。[20] そして，X線撮影結果と固定液ホルマリン中で一昼夜後には溶解してしまう事実から，この異物は炭酸カルシウムであろうと推論している。今回，著者らが行なった実験では山下の実験と同様にマダイを用いているが，カルシウム成分と共に，ＰＡＳ陽性物資が異物の大部分を占めていることが明らかとなった。カサゴ，クジメについても稚仔魚において尿路系異物は容易に認められ，成分も，マダイにおけるものと同一のようである。発生初期に認められるという沈澱状微粒子と著者らが観察した膀胱内異物が類似のものであるか否かは明らかでない。

この尿路系異物の形成が，魚を斃死させるか，またこの異物がいわゆる結石へ成長してゆくかは，著者らの実験では明らかにすることはできなかった。クジメ稚魚のへい死個体のうち，膀胱内異物を有するものについて，マダイの場合と同じような組織学的検査を行なって，腎臓組織に関しては特にひどい症状を認めなかったという例もあるので，単に一時期の組織学的検査だけで判断を下すことはできない。長期のより精密な飼育実験，ならびに生理実験を計画する必要があろう。

要　　約

海産稚仔魚，特にマダイにみられる尿路系異物について組織学的研究を行ない，下記の知見を得た。

(1) 尿路系異物の出現は，マダイの発生過程の中で太い血管系をはさんで融合した大きな１対の糸毬体と，それに続く１対の細尿管，輸尿管と１個の膀胱より成る典型的な前腎期および中腎初期発生期にある。

(2) 尿路系に異物を有する稚仔魚の腎臓組織には，細管上皮に，退行変性と思われる症状が認められたが，その他の異常は明らかでなかった。

(3) 異物は膀胱内および輸尿管末端部に認められ，組織切片上で形態的には層状をなす場合と，無構造の場合とがあった。また異物を構成するのは，ＰＡＳ陽性物質とカルシウム成分であることが明らかとなった。

謝　　辞

この実験を進めるにあたり，組織学的研究の機会を与えられた，広島大学医学部，飯島宗一教授をはじめ，直接・間接に御指導をうけた広島大学医学部，原　弘博士，第一病理研究室の方々に深謝の意を表する。また，マダイ試料を与えられた，愛媛県，栽培漁業センター，伯方島事業所の鵜川正雄場長をはじめ，所員の方々，および広島県水産試験場，北島力氏，伏見徹氏に感謝いたします。

文　　献

1）内海区水産研究所・栽培漁業協会，1966：栽培漁業，Ⅲ（Ⅲ，Ⅳ），9—18

2）上田和夫・石岡宏子・岡本亮・福原修，1970：南西海区水産研究所研究報告No.2，1—9.

3）Forster, R. P. 1953 : A Comparative Study of Renal Function in Marine Teleosts. J. Cell comp. Physiol. 42, 487—510.

4）Grafflin, A. L. 1937 : The Problem of Adaptation to Fresh and Salt Water in the Teleosts Viewed from the Standpoint of the Structure of the Renal Tubules. J. Cell comp. Physiol. 9, 469—475.

5）Smith, H. W. 1961 : From Fish to Phylosopher. Natural History Library, Anchor Books.

6）尾崎久雄，1965：水産生理学，第７篇腎臓利尿の生理（東京水産大学教科書プリント）

7) Marshall, E. K. 1934 : The Comparative Physiology of the Kidney in Relation to Theories of Renal Secretions. Physiol. Rev. 14, 133—159.
8) Ogawa, M. 1962 : Comparative Study on the Internal Structure of the Teleostean Kidney. The Science Reports of the Saitama University IV (2), 107—209.
9) 小川端穂1959：魚類腎臓の構造と機能，生物科学11（1），1—9．
10) 久米又三編，1966：脊椎動物発生学（培風館）．
11) Ford, P., and J. D. Newstead. 1958 : Studies on the Development of the Kidney of the Pacific Pink Salmon, Onchorhynchus gorbuscha (Walbaum). Canadian J. Zool. 36, 15—21
12) Armstrong, P. B. 1932 : The Embryonic Origin of Function on the Pronephrons through Differentiation and Parenchyma-Vascular Association. Amer. J. Anat. 51, 157—188.
13) Stroer, W. H. F. 1932 : The Development of the Pronephrons in the Common Perch, Perca fluviatilis Linne. Quart. J. Microscop. Sci. 75, 557—569.
14) 竹下政之助，1918：前腎を有する魚の一新例．動物学雑誌 30，20—23．
15) Ogawa, M. 1961 : Histological Changes of the Kidney in Goldfish in Sea Water. The Science Reports of the Saitama University Series B Vol. B, N. 1, 1—20.
16) Allen, A. C. 1962 : The Kidney. Grune & Stratton. New York
17) 小川瑞穂，1958：本邦産無球腎硬骨魚．動物学雑誌67 (11),329—333．
18) Nussbaum, M. 1886 : Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drüsen. V. Mit theilung. Zur Kenntnis der Nierenorgane. Arch. f. mikro. anat. Bd. 27, 442—480.
19) Talbot, G. B. 1967 : Urinary Calculi in Striped Marlin. Trans. Amer. Fish. Soc. 96 (3), 355—357.
20) 山下金義，1966：魚の小児科．神奈川県博物館協会会報 (17),15—18．

Microbiological Studies of *Porphyra* plants-I.

Studies of Bacteria Isolation Methods

Jun-ichi Tsukidate

Introduction

Unialgal cultures may serve to investigate the effects of physical or chemical factors and of inorganic salts. However bacteria-free cultures must be employed for detecting the effects of the orangic substances as these substances are excreted or secreted in the natural environment by some microorganisms[1].

Many workers [1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8)] have succeeded in growing the algae of a simple form like unialgal or uniseriate in bacteria-free culture. The algae purified have been known to grow normally and it was elucidated that some vitamins definitely had worked on these algae as growth factors. In spite of these excellent investigations, the axenic culture of thalloid algae and polysiphonous ones have not been reported yet.

The writer has long been working on the nutrition of *Porphyra* plants in bacteria-free condition. Vitamins, plant hormons, amino acids and many other substances have been examined if they have any special effect the plants to be healthy and natural. The plants, however, free from bacteria seldom grow with these substances, though they remain alive quite a long time. He, therefore, came to conclusion that the *Porphyra* plants do need unknown metabolites of bacteria either as nutrients or as the stabilizer of microenvironment on or very near the surface of the plants in order to keep the normal assimilation of nutrients.

As it was apparent from the facts described above that bacteria associated did some work on the growth of *Porphyra* plants, he took another way to make clear how bacteria would work on them. The following steps to work on it was thought: the isolation of bacteria and the investigation of their physiology would come first to do, next to do, if suspected bacteria are found, is to transfer them into the bactera-free culture of *Porphyra* plants and see what to do, and finally the association between *Porphyra* plants and bacteria would come to study further.

The present paper describes the methods of the isolation of bacteria from the alga, *Porphyra leucosticta* Thuret.

Isolation Methods

Materials used in this experiment were *Porphyra leucosticta* Thuret of different stages of the growth and of various appearances from healthy plants to abnornal ones having

* Received : May 31, 1970.
Contribution No. 22 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

large vacuoles, which had grown in the laboratory with an artificial sea water for five years through a monospore reproduction at 17°C to thalli of about 1 cm and thereafter 10°C, with the illumination by fluorescent light of 3000—5000 lux intensity on a 8—16 light-dark cycle. The plant about several centimeter long after two months of sporulation was served for the isolation of bacteria. It was washed out other microorganisms attaching to the plants by chance 2—3 times in a sterilized sea water before doing the isolation procedure for getting repeating results. It is thought that the microorganisms merely attaching are removed in washing process but microorganisms which exist in the mucilage layer are not likely to be taken out.

The medium employed was the artificial sea water of *Porphyra* plants with addition of the constituents of ZoBell 2216. The bacteria were incubated at 21—24°C. The isolation procedure was carried out in specially prepared room and all tools used was sterilized in prior to.

In present paper 8 strains were isolated, being studied the isolation methods described below. These strains of which morphology is shown in Table I are tentatively called strain 1—8.

Table I

Summary of morphological characteristics of bacteria isolated from an alga, P. *leucosticta*

Organisms	Motility	Form	Colonial appearance
strain 1	−	Spherical cells	Circular, white
strain 2	+	Rod shaped-cells	Circular, translucent, colourless
strain 3	+	Coccobacillary form cells	Circular, translucent, white, become dim at margin
strain 4	+	Rod shaped-cells	Circular, brown yellow
strain 5	+	Filamentous form	Circular, yellow
strain 6	+	Rod shaped-cells	Circular, translucent, white
strain 7	+	Rod shaped-cells	Circular, dirty white, become dim at margin
strain 8	+	Rod shaped-cells	Circular, yellow white

* + motile, − non motile

1. Streaking on agar

Material plants were cut into about 5 mm square, put them on the agar plate of the isolation medium and drugged on it with a capillary pipet or a platinum rod. This method has been tried 5 times and results are shown in Table II.

2. Using motar

Material plants of about 5 cm long and 2 cm wide at maximum were put into the

Table II

Bacteria isolated by the method of streaking on agar

Experiment number / Organisms	1	2	3	4	5
strain 1					
strain 2					
strain 3				○	
strain 4			○		
strain 5		○			○
strain 6	○	○	○	○	○
strain 7	○		○		○
strain 8			○		○

* ○ indicates strain appeared.

Table III

Bacteria isolated by the method of motar

Experiment number / Organisms	1	2	3
strain 1	○		○
strain 2	○	○	○
strain 3	○		○
strain 4		○	
strain 5		○	
strain 6			○
strain 7	○	○	
strain 8	○		

* ○ indicates strain appeared.

Table IV

Bacteria isolated by the method of homogenizer

Experiment number / Organisms	1	2	3	4
strain 1		○	○	○
strain 2	○	○	○	○
strain 3	○	○		
strain 4	○			
strain 5	○		○	
strain 6			○	○
strain 7		○		
strain 8	○	○		○

* ○ indicates strain appeared.

motar with 1 ml of the sterilized artificial sea water and crushed into fine pieces. 0.05 ml of it was brought into the Petri dish with the isolation medium of the temperature 40—45°C and then stirred. This method has been tried 3 times and results are shown in Table III.

3. Using homogenizer

Material plants of the same size mentioned above item 2, using motar, were put into the cup of the homogenizer together with 10 ml of a sterilized artificial sea water and set to work at 12000 rpm. for 1—2 minutes. 0.1—0.2 ml of it was brought into the Petri dish with the isolation medium of the temperature of 40—45°C and then stirred. This method has been tried 4 times and results are shown in Table IV

Discussion

Besides the methods described above, the writer practised an isolation method of putting thalli on the agar plate of the medium only to get the same result as that of streaking on agar.

The bacterial floras observed by the method of streaking on agar differed in most instances from those by the methods of homogenizer or motar. It might be due that

the effect of dilution was produced with the methods of homogenizer or motar as a sterile artificial sea water had been added in the process, and in the method of streaking on agar, only bacteria existing on the surface of the plants were able to be isolated while with using homogenizer or motar, bacteria penetrating into the cells as well as ones attaching the surface of the plants could be isolated.

Bacteria shown up in the method of streaking on agar were also isolated with the methods of homogenizer or motar. Of many experiments, however, bacteria isolated in the method of streaking on agar sometimes did not show up in those of homogenizer or motar. It is not natural to take it as the bacteria shown up in the method of streaking on agar did not exist on the plant used as materials of the methods of homogenizer or motar but natural to take it as it is attributed to the methods employed.

For these reasons mentioned above, the good result should have been obtained by the methods of homogenizer or motar together with the method of streaking on agar.

The writer wishes to express his thanks to Dr. Masaaki Sasajima of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory for constant guidance in the course of the work. Thanks are also due to Mr. Tokugorou Kaneko and Dr. Yunosuke Saito of Nansei Regional Fisheries Research Laboratory for some valuable suggestions.

Summary

1. Various isolation methods were studied in the effort of finding out a suitable method of the isolation of bacteria from the alga, *Porphyra leucosticta* Thuret.
2. It was described that the good result should have been obtained by the method of using homogenizer or motar together with the method of steaking on agar.

References

1) Provasoli, L. 1958 : Ann. Rev. Microbiol., 12, 279—308.
2) Conrad, H., P.Saltman., and R.Eppley. 1959 : Nature, 184, 556—557.
3) Fries, L. 1960 : Physiol. Plant, 13, 264—275.
4) Yamada, H., and H.Okamoto. 1961 : Zeitschrift fur Allg. Mikrobiologie, 1(3), 245—250.
5) Fries, L. 1961 : Experientia, 17, 75.
6) Fries, L. 1963 : Physiol. Plant, 16, 695—708.
7) Provasoli, L. 1964 : in Proc. IV Int. Seaweed Symp. Pergamon Press, 9—17.
8) Tatewaki, M., and L.Provasoli. 1964 : Botanica Marina, 6, 193—203.

目　　次

月舘　潤一

ノリの微生物学的研究-Ⅲ

細菌相の変化によるノリの生育異状について …… 1

通山　正弘・工藤　晋二・黒木　敏行

延岡湾における小型底びき網漁業について-Ⅱ

その魚獲組成 …… 13

坂本　久雄

日本南西海域における黒潮主軸の季節変動について …… 37

Microbiological Studies of *Porphyra* Plants–III.*

Abnormality on the Growth of *Porphyra* Plants by the Disturbance of the Bacterial Flora Accompanying the Plant

Jun-ichi TSUKIDATE

As reported previously[1),2)], strains 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7 became attached to or adhered to the surface or penetrated the cells of the healthy growing *Porphyra* plants all or part of the way. Then it is assumed that when the *Porphyra* plant grows normally and healthy, accompanying bacteria balance each other, and if these bacteria lose their balance, the plant begins to grow abnormally. In order to demonstrate this hypothesis, culture experiments were conducted by inoculating isolated bacteria[2)] singly into the medium, into which the healthy plant was been growing. Results are reported here which were verified by repeating the experiment seven times that the plant was grown abnormally with the different bacterial floras.

Material and Method

Material. A material used in this experiment was *Porphyra leucosticta* THURET which had been grown in the laboratory. A size of material was 5 mm long and 2–4 cm long. 5 mm long thalli were used intact while 2–4 cm long thalli were cut into about 5 mm square with a razor.

Elimination of Bacteria. The material employed in this experiment was washed in sterilized sea water and then streaked on 1% agar plate with an artificial sea water to disturb the balance of bacteria on or in the cell. The following procedure was practised to get the materials less contaminated. At first a thallus or a part of the thallus was washed in sterile sea water in the test tube by shaking with a cap on it. The purpose of this procedure is to eliminate bacteria physically from the material. After some shaking the material was taken up with a sterile pipet into another test tube and did the same thing again.

Next the plant was brought onto the 1% agar plate with the artificial sea water in a Petri dish and was streaked with a sterile pipet. This procedure is also for eliminating bacteria physically from the material. Yet the material was not free of bacteria with these procedures, that is, some bacteria still grew on the plant. Bacteria other than strains 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 are considered to be washed off from the facts previously reported[2)]. However all isolated strains were not necessarily attached to, or adhered to the plant or penetrated the cells.

The material obtained like this was kept for one day in the constant temperature

* Received: November 26, 1970
Contribution No. 23 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory

and light intensity case for checking the effect of the bacteria elimination procedure. The material free from any effect of the procedure was used in the experiment.

Inoculation and Culture. The experiments were carried out at 16±0.5°C with the illumination by a fluorescent light of 3,000 lux at the surface of water of the Monad style culture apparatus. L type test tubes with 10 ml of the artificial sea water of *Porphyra* was attached to the culture apparatus. One thallus or a part of the thallus was grown in the test tube. Inoculation of bacteria was from the slanted stock culture and was five days old. The stock cultures were incubated at 21–24°C with the isolation medium. One picking of the bacteria with a platinum rod was transfered into the test tube and mixed with the medium. Observation was made on the 6th to 30th day after the experiment started. The medium was sterilized on a 1 kg/cm^2 for 25 minutes in an autoclave. All tools employed were also sterilized for an hour in an oven sterilizer at about 150°C.

Strain 5 did not grow well on the isolation medium now used. As it is difficult to get new culture satisfactorily, strain 5 was excluded from the present experiment. On account of this, bacteria inoculated in the culture experiments were strains 1, 2, 3, 4, 6 and 7. The morphological and biochemical characteristics of these bacteria are given in Tables 1 and 2.

Table 1. Morphological characteristics of marine organisms isolated from an alga, P. leucosticta

Organisms	Gram stain	Flagellation	Form	Colonial appearance
Strain 1	Positive		Spherical cells	Circular, white
Strain 2	Positive	Peritrichous	Rod shaped-cells	Circular, translucent, colourless
Strain 3	Positive	Peritrichous	Coccobacillary forms	Circular, translucent, white, becoming dim at margin
Strain 4	Negative	Peritrichous	Rod shaped-cells	Circular, brown yellow
Strain 6	Negative	Polar monotrichous	Rod shaped-cells	Circular, translucent, white
Strain 7	Negative	Polar monotrichous	Rod shaped-cells	Circular, dirty white, becoming dim at margin

Table 2. Biochemical characteristics of marine organisms isolated from an alga, P. leucosticta

Organisms	Oxidase test	Carbohydrate utilization
Strain 1	Negative	
Strain 2	Negative	
Strain 3	Negative	
Strain 4	Positive	
Strain 6	Positive	Fermentative, much gas
Strain 7	Positive	Fermentative, much gas

Observation. After the colour, shape and growth of the plant were observed macroscopically, the morphology of the cell was observed microscopically. The growth was

only checked if it was different from the original sample. The observation of bacteria was made both with the naked eye and through a microscope. The macroscopical observation was performed with the dilution method to examine the bacteria on the plate of the medium. The appearance rate was calculated into per cent though it might not be an indication of a real meaning because each bacteria has its own size. The microscopical observation was made of the plant and arount the plant, by picking up the plant and placing it on the slide and viewing it with one to two different visual fields. The appearance rate was produced roughly in per cent just to get an idea. Strains 3 and 4 were difficult to know microscopically from other strains so that it is reasonable to consider that these strains might sometimes be admitted as strains 2, 6 or 7. However strains 3 and 4 never appeared in the dilution method except when they were inoculated. It was then thought that they grew slowly or they played a small role in the bacterial flora.

Results

Experiments of using 5 mm long thallus. The experiments were repeated four times. Results are shown in Tables 3–5. Experiment 1 and 2 were run Apr. 28 to May 28. Experiment 3 was run Jun. 5 to Jun. 12. Experiment 4 was run Jun. 6 to Jun. 12.

When strain 1 was inoculated into the medium, the plant was grown normally and healthy with the exception of Exp. 3. The observation of the bacterial flora was as follows. In Exp. 1, strain 1 appeared 52% and strain 2, 24% in the dilution method. In Exp. 2, strain 1 appeared the most in the dilution method, an appearance rate being nearly 100% and it was also strain 1 that was mostly observed microscopically. In Exp. 4, strain 1 turned up the most, both in the macroscopical and microscopical observations, although strains 2, 6 and 7 were also seen microscopically.

On the contrary in Exp. 3 in which white and dead cells were found at the base or the margin of the plant, the appearance rate of strain 1 was 41%, strain 2, 36%, strain 6, 10% and strain 7, 13% in the dilution method.

The plant started to form more white and dead cells or became total white in colour when strain 2 was inoculated. A bacterial flora observation showed both macroscopically and microscopically that the appearance rate of strain 2 was nearly 100% in Exps. 1, 3 and 4.

The plant was grown normally and healthy in some cases, grown abnormally in others when strain 3 or 4 was inoculated. In cases where the plant was grown normally and healthy, strain 1 appeared the most while the plant formed more white cells or became white totally, strain 2 appeared more than strains 3, 4, 6 and 7 with strain 1 decreasing less than 50%, both macroscopically and microscopically.

The plant were not grown well and produced a callus when strain 6 was inoculated. However the callus was not made in Exp. 4 although strain 6 was observed 40–50% microscopically. In Exps. 1, 2 and 3, the appearance rate of strain 6 was nearly 100% both macroscopically and microscopically.

When strain 7 was inoculated, the plant was grown normally and healthy, started to form more white and dead cells, turned to make the callus, or seemingly was spoiled

Table 3. Results of Experiment 1

Inoculated bacteria	Date of observation	Plant observation		Bacterial observation	
		Observation with the naked eye	Observation through a microscope	Observation with the naked eye	Observation through a microscope
Strain 1	6 days	Healthy			
	30 days	Tip decaying	New plants healthy Dead cells on both original and new plants	Strain 1, 52% Strain 2, 24% Strain 6, Strain 7, 24%	Strain 1, about 50% Strains 2, 6 and 7 also observed equally
Strain 2	6 days	Disappearing			
	30 days		Original plant not observed New plants all dead	Strain 2, 99%	Mostly strain 2 Strain 1 also observed
Strain 3	6 days	Disappearing			
	30 days		Original plant not observed New plants healthy though a few dead cells observed	Strain 1, 69% Strain 2, 4% Strain 3, 11% Strain 6, Strain 7, 16%	Ratio of appearence of strain 1 and strain 7, 3:1 Strain 2 also observed
Strain 4	6 days	Disappearing			
	30 days		Original plant not observed New plants healthy though a few dead cells observed	Strain 1, 61% Strain 2, 15% Strain 4, 13% Strain 7, 11%	Ratio of appearance of strain 1 and strain 2, 3:1
Strain 6	6 days	Disappearing			
	30 days		All new plants produced callus Some dead cells also observed	Strain 6, 99%	Mostly strain 6 Strain 1 and strain 2 also observed
Strain 7	6 days	Healthy but red coloured			
	30 days	Healthy and growing well	New plants mostly healthy Large vacuole A few dead alls	Strain 1, 51% Strain 7, 49%	Strain 1 and strain 7 observed equally

Table 4. Results of Experiment 2

Inoculated bacteria	Date of observation	Plant observation		Bacterial observation	
		Observation with the naked eye	Observation through a microscope	Observation with the naked eye	Observation through a microscope
Strain 1	6 days	Healthy			
	30 days	Healthy and growing	New plants healthy	Strain 1, 97% Strain 2, 3%	Strain 1 only observed
Strain 2	6 days	Decaying			
	30 days	Disappearing			
Strain 3	6 days	Tip decaying			
	30 days	Decaying	Many dead new plants observed though some healthy	Strain 1, 46% Strain 2, 30% Strain 3, 24%	Strain 1 and strain 2 observed equally
Strain 4	6 days	Tip decaying			
	30 days	Decaying	Many dead new plants observed though some healthy	Strain 1, 41% Strain 2, 36% Strain 4, 20%	Strain 1 and strain 2 observed equally
Strain 6	6 days	Tip decaying			
	30 days	Growing	Small new plants with calluses Bigger new plants contorted though many healthy	Strain 6, 99%	Mostly strain 6 Strain 1 and strain 2 also observed
Strain 7	6 days	Tip decaying			
	30 days	Growing	Most new plants healthy A few cells with decreased chromatophore	Strain 1, 59% Strain 7, 41%	Strain 1 and strain 7 observed equally

depending on when the experiments started. The inconsistent results might be due to the change of the bacterial floras. Although a few white cells or the cells having large vacuoles were found in Exps. 1 and 2, the plant on the whole was grown normally and healthy and the bacterial flora in the dilution method showed that strain 1 appeared 51% in Exp. 1 and 59% in Exp. 2. When it appeared that the plant was spoiled in Exp. 3, the bacterial flora both macrosopically and microscopically showed that strain 7 appeared nearly 100%. The calluses were found in Exp. 4 but bacteria came up in the dilution method were strain 6, 56% strain 7, 44%.

Table 5. Results of Experiment 3

Inoculated bacteria	Date of observation	Plant observation		Bacterial observation	
		Observation with the naked eye	Observation through a microscope	Observation with the naked eye	Observation through a microscope
Strain 1	7 days	Colour paling	A few dead cells observed at base and margin	Strain 1, 40% Strain 2, 37% Strain 6, 10% Strain 7, 13%	Strain 1, about 50% Strains 2, 6 and 7 also observed equally
Strain 2	7 days	Colour paling	A few dead (white and red) cells observed at base and margin	Strain 2, 99%	Strain 2 only observed
Strain 3	7 days	Colour paling	A few dead cells observed at base and margin	Strain 1, 66% Strain 2, 7% Strain 3, 14% Strain 6, 13% Strain 7,	Strain 1; about 60–70% Strains 2, 6 and 7 also observed equally
Strain 4	7 days	Colour paling	A few dead cells observed at base	Strain 1, 64% Strain 2, 15% Strain 4, 19% Strain 7, 2%	Strain 1; about 60–70% Strains 2, 6 and 7 also observed equally
Strain 6	7 days	Colour paling	A few dead cells observed at base and middle Callus observed	Strain 6, 99%	Mostly strain 6 Strain 1 also observed
Strain 7	7 days	Colour paling	A few dead cells observed at base and middle Many cells seemingly were spoiled	Strain 7, 99%	Mostly strain 7 Strain 1 also observed

Experiments of using 2–4 cm long thallus. The experiments were repeated three times. Results are shown in Tables 6–9. Experiment 5 was run Jun. 12 to Jun. 26. Experiment 6 and 7 were run Jun. 23 to Jun. 29.

When strain 1 was inoculated into the medium, the plant was grown normally and healthy as well as the experiments of using the 5 mm long thalli. The bacterial flora could not be observed in Exp. 5 as the thallus disappeared. In Exp. 6, both the macroscopical and microscopical observation showed strain 1 appearing nearly 100%. In Exp.

Table 6. Results of Experiment 4

Inoculated bacteria	Date of observation	Plant observation		Bacterial observation	
		Observation with the naked eye	Observation through a microscope	Observation with the naked eye	Observation through a microscope
Strain 1	6 days	Healthy	Healthy Monospores and new plants observed	Strain 1, 99%	Mostly strain 1 Strains 2, 6 and 7 also observed
Strain 2	6 days	Colour paling	Many dead cells observed at base Monospores and new plants observed	Stairn 2, 99%	Mostly strain 2 Strain 1 also observed
Strain 3	6 days	Colour paling	Many dead cells observed at base Monospores and new plants observed	Strain 2, 99%	Strain 2 only observed
Strain 4	6 days	Colour paling	Many dead cells observed at base Monospores and new plants observed	Strain 2, 99%	Strain 2 only observed
Strain 6	6 days	Colour paling	A few dead cells observed at margin Monospores and new plants observed	Strain 2, 23% Strain 6, Strain 7, 73%	Strains 6 and 7 observed equally Strains 1 and 2 also observed
Strain 7	6 days	Colour paling	A few dead cells observed at base Monospores and new plants observed Callus observed	Strain 6, 56% Strain 7, 44%	Strains 6 and 7 observed equally

7, the appearance rate of strain 1 was also nearly 100%.

When strain 2 was inoculated in Exp. 5, the thalli disappeared and monospores were not observed. Even if it were due to the effect of the elimination procedure, the results of disappearing thalli were thought to be caused by the inoculation of strain 2 because

Table 7. Results of Experiment 5

Inoculated bacteria	Date of observation	Plant observation		Bacterial observation	
		Observation with the naked eye	Observation through a microscope	Observation with the naked eye	Observation through a microscope
Strain 1	8 days	Disappearing			
	14 days		Original plant not observed New plants healthy		
Strain 2	8 days	Disappearing			
	14 days		Both original and new plants not observed		
Strain 3	8 days	Disappearing			
	14 days		Both original and new plants not observed		
Strain 4	8 days	Decaying			
	14 days		Original plant not observed New plants healthy		
Strain 6	8 days	Disappearing			
	14 days		Original plant not observed New plants healthy		Ratio of appearance of strain 1 and strain 6, 4 : 6 or 3 : 7
Strain 7	8 days	Tip decaying			
	14 days		New plants healthy	Strain 1, 3% Strain 2, 2% Strain 6, Strain 7, 95%	Mostly strain 7 Strains 1, 2 and 6 also observed

monospores and new plants were observed when strains 1, 3 and 6 were inoculated respectively though the thalli disappeared. The bacterial flora were not observed in Exp. 5 as thalli disappeared. When strain 2 was inoculated in Exp. 6, the plant started to form more white and dead cells and became total white in colour and their bacterial flora mostly consisted of strain 2 and a few strains 6 and 7. In Exp. 7, the abnormality of the cell was not seen though many spores were found to be shed.

When strains 3 or 4 was inoculated respectively all the plants were grown normally

Table 8. Results of Experiment 6

Inoculated bacteria	Date of observation	Plant observation		Bacterial observation	
		Observation with the naked eye	Observation through a microscope	Observation with the naked eye	Observation through a microscope
Strain 1	6 days	Healthy	Healthy	Strain 1, 99%	Strain 1 only observed
Strain 2	6 days	Dead	All cells white and dead		Mostly strain 2 Strains 6 and 7 also observed
Strain 3	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding		
Strain 4	6 days	Healthy	Healthy	Strain 1, 95% Strain 7, 5%	Mostly strain 1 Strains 2, 6 and 7 also observed equally
Strain 6	6 days	Healthy	Healthy	Strain 1, 99%	Strain 1 only observed
Strain 7	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding	Strain 1, 69% Strain 2, 4% Strain 7, 27%	Ratio of appearance rate of strains 1 and 7, 2:1 Strain 2 also observed

and healthy with the exception of Exp. 5 of inoculating strain 3. In case the plants were not grown, the bacterial flora was not observed as the plants disappeared.

When strain 6 was inoculated, the thallus disappeared in Exp. 5 but the new plants were grown normally and healthy. The strains appearing in the microscopical observation were strains 1 and 6 and their ratio was 4:6 or 3:7. In Exp. 6, the plant was grown normally and healthy with strain 1 accompanied instead of strain 6. In Exp. 7, the plant also was grown normally and healthy with strain 6 accompanied nearly 100% of the appearance rate. In any experiment the calluses were not produced on the plant.

When strain 7 was inoculated, the plants in all of the three experiments were grown normally and healthy. The monospores were shed in all three experiments and also were grown normally. Even though strain 7 grew very fast and caused a turbid medium, the plant was not spoiled as seen in the experiments using the 5mm long thalli.

The bacterial flora showed that strain 7 appeared nearly 100% in Exp. 5 and 7 although strains 1, 2 and 6 were also seen, and that in the Exp. 6, strain 1 appeared more than strain 6 having the ratio of 2:1.

Table 9. Results of Experiment 7

Inoculated bacteria	Date of observation	Plant observation		Bacterial observation	
		Observation with the naked eye	Observation through a microscope	Observation with the naked eye	Observation through a microscope
Strain 1	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding		Strain 1 only observed
Strain 2	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding		Mostly strain 1 Strain 2 also observed
Strain 3	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding		Mostly strain 1
Strain 4	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding		Mostly strain 1
Strain 6	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding		Mostly strain 6 Strains 1, 2 and 7 also observed
Strain 7	6 days	Tip decaying	Healthy Monospores shedding		Mostly strain 7 Strains 1, 2 and 6 also observed

Discussion

That the thalli often disappeared in the experiments were suspected to be due to the effect of the bacteria elimination procedure and not to the effect of bacteria.

Strain 1 is indispensable on the growth of *Porphyra* plant whereas strain 2 is not. On the contrary, strain 2 made the plants grow abnormally. If the population of strain 1 decreases below 50% and that of strain 2 increases more than that of strains 3, 4, 6 and 7, the white and dead cells were more observed on the plant than on the healthy growing plant. In some cases the plant became total white in colour. The plant continued to be grown well and healthy so far as strain 1 exists to accompany it over 50% of the appearance rate. Thus there seems to be an antagonism between strains 1 and 2.

In the experiments of inoculating strain 3 or 4, it was found that when the plant was grown well and healthy, strain 1 was on the plant or in the cell, and when the plant was grown abnormally having more white cells and finally died, strain 2 appeared more or the most. For this reason and together with the fact that the appearance rate of strains 3 and 4 was very small, these strains have no relation to the growth of the *Porphyra* plant.

In the experiments of using 5mm long, calluses were observed in three out of four experiments. The bacterial observation showed that strain 6 appeared nearly 100% in all three experiments. In experiment in which the calluses were not observed, the appearance rate of strain 6 was about 50% in the dilution method. Accordingly if strain 6

appears nearly 100%, the calluses are produced on the thalli of 5 mm long. On the other hand, the calluses were not observed with the inoculation of strain 6 in any experiment using 2–4 cm long thalli. The bacterial observation showed that strain 6 appeared 60–70% in Exp. 5, nearly 100%, in Exp. 6 and 7.

The calluses were not formed even if strain 6 turned up over 60-70% in the two out three experiments. It might be concluded that strain 6 does not cause the calluses on the thalli of 2–4 cm long differing from the thalli of 5 mm long. However it is too early to draw any conclusion on the formation of the calluses as the experiment was repeated only three times. Further experiments on the culture of *Porphyra* plant with the inoculation of strain 6 are being carried out.

Strain 7 grow very fast on the isolation medium now being used. Strain 7 also grow very well on the medium of *Porphyra* plant with the addition of L-tryptophane. Therefore it is expected to have a conspicuous effect on the plant irrespective of good or bad. Although the thalli were spoiled when strain 7 grew very fast, it was found unexpectedly that strain 7 had no influence on the plant.

That the strains inoculated did not always increase on the plant might be due to the change of the antagonism by some unknown factors or the physiological state of the plant at the particular time.

Further studies are needed to elucidate on whether or not strain 1 excretes or secrets micronutrients, or neutralizes toxic substances, or acts as a stabilizer of the medium near the surface of the plant, by itself or by producing chemical substances.

It must be brought to light if the strain 1 makes a bacteria-free *Porphyra* plant grow normally and well and how it does that.

For different kinds of aid in the preparation of this paper I am indebted to Dr. Yunosuke Saito of Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

Summary

Culture experiments were conducted by inoculating isolated bacteria[2)] singly into the medium, into which the healthy growing plant was been growing to demonstrate if accompanied bacteria lose their balance and the plant begins to grow abnormally. Results are summaried as follows.

1. Strain 1 is indispensable for the growth of the *Porphyra* plant, *Porphyra leucosticta* Thuret. The plant continues to grow normally and healthy so far as strain 1 exists to accompany it over 50% of appearance rate.

2. When strain 2 was inoculated into the medium and the population of strain 1 decreased below 50%, and that of strain 2 increased more than that of strain 3, 4, 6 and 7, the white and dead cells more observed on the plant than on the healthy growing plant. In some cases, the plant became total white in colour.

3. Strains 3 and 4 have no relation to the growth of the *Porphyra* plant.

4. When strain 6 was inoculated into the medium and strain 6 appeared nearly 100%, the calluses were formed on the thallus of 5 mm long. However the calluses were not observed with the inoculation of strain 6 in any experiment using 2–4 cm long thalli.

Further experiments on the culture of *Porphyra* plant with the inoculation of strain 6 are needed to state the effect with any certainty.

5. Although the thalli were spoiled at times when strain 7 grew very fast, it was found unexpectedly that strain 7 had no influence on the plant.

References

1) Tsukidate, J. 1970: Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 3, 19-22.
2) Tsukidate, J.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., in contribution.

延岡湾における小型底びき網漁業について—II

その漁獲物組成*

通山正弘・工藤晋二・黒木敏行**

ON THE SMALL-TRAWL FISHERY IN THE NOBEOKA-WAN II
THE SPECIES COMPOSITION*

Masahiro TORIYAMA, Shinji KUDO
and Toshiyuki KUROKI**

The purpose of the present investigation is grasping the actual conditions of small trawl fishery in the NOBEOKA-WAN. Because of it, we investigated the variation of species composition or catch, and a summary of the results are shown in below.

1. The species composition of catch was prawns, shrimps (40%) fishes (40%) and octopuses·cuttle fishes (20%) per landing and prawns·shrimpes (75%) per yielding.
2. The mixed rate in catch of prawns·shrimpes, fishes and octopuses·cuttle fishes was all 50% more or less in prawns·shrimpes are Apr. ～ Dec., fishes are July ～ Sept., octopuses·cuttle fishes are Jan. ～ Mar..
3. By the observation of species composition of "other fishes", we are grouped the five types.
4. Prawns (*Penaeus semisulcatus* DE HANN, *P. japonicus* BATE) decreased slowly since 1964.

We have only noted a few problems, there are many problems remaining unsolved.

延岡湾は前報（1969）に述べたように，日向灘の外洋に面しているが河川水の影響の強いところで水温，比重，塩分，水色，水流等の環境変化に富むため生物の種類も多く，小型底びき網，舟びき網，パッチ網，定置網，磯建網，刺網など各種の漁業がみられる。なかでも，漁業従事者，生産額とも多いのは舟びき網，パッチ網と小型底びき網漁業である。小型底びき網の漁獲物ではエビ類が最重要種で，次いでイカ類，エソ類，ハモ，チダイ等であるが，この他に，商品価値の高いもので漁獲量の少ないもの，漁獲の対象にしていない重要魚の幼稚魚，商品価値の全くない生物などが混獲され，これら雑多な魚種の相互共存したものがこの海域の底魚群集の姿であるといえよう。

クルマエビ，クマエビ，エソ類，ハモの重要魚種の漁獲量は年々減少傾向を示しているが，近年は種苗放流事業の一つとしてこの水域でチダイ，クルマエビなどの放流が行なわれてきている。しかし，その生産の場における魚類群集体の構造や重要対象生物の生態学的研究は少ないようである。

筆者らは底魚資源研究の一環として延岡湾の小型底びき網2種漁業の漁獲物組成と重要魚の漁況を明らかにするため，1962年より延岡湾に出漁する漁船で延岡市土々呂漁業協同組合に水揚されたものについて，魚体調査や市場の仕切伝票に記録された銘柄別漁獲量調査など実施した資料により解析検討を加え若干の知見を得たので報告する。

本文に入るに先立ち本調査にご協力頂いた宮崎県沿岸漁業指導所（現在の宮崎県水産試験場）の各位，特

* 昭和45年1月12日受理南西海区水産研究所業績24号
** 宮崎県水産試験場延岡分場

にエビ類の体長測定にご協力いただいた岩田一夫技師，宮崎県延岡市土々呂漁業協同組合の方々，取まとめに際しご指導並びに本文の校閲を賜った外海資源部長浅見忠彦博士，前部長浜部基次博士，また，終始ご協力頂いた花岡藤雄技官，松田星二技官，岩田美奈子技官に厚くお礼を申し上げる。

1. 調 査 方 法

漁獲物は水揚の際にエビ類と魚類（頭足類を含む）とに分離して販売される関係で同一漁船の漁獲物でも市場仕切伝票は別々の個票となっており，エビ類は銘柄別にｇ単位で，魚類，頭足類は kg 単位で記帳されている。

魚類，頭足類の漁獲量調査方法は年次により異なり，1962 年は出漁日について 2 日置に 1 日の割でその日に入港した全船について調査する推定方式を試み，1963 年は市場の仕切伝票に記載されている入港船別，日別，銘柄別漁獲量を全船について調査し月別に集計した。1964 年以降の仕切伝票ではエビ類以外については従来の銘柄別に重量を記録する方式と異なり，魚類，頭足類の全漁獲量と銘柄別には金額で記載されるようになっているので重要魚について金額調査を行なった。

エビ類については 1962～1964 年までは日別，銘柄別漁獲量を入港船全部について仕切伝票より集計した。1967～1969 年度は底魚資源委託調査で宮崎県沿岸漁業指導所が延岡市土々呂で実施したもので，各年度とも 6 隻の標本船の全出漁日について漁獲量，漁獲金額調査を行なった。

なお，小型底びき網漁船のなかには季節によりカツオ，ヨコワの曳縄漁やフカ，シイラ，貝類を対象とした漁業に転換する漁船もみられるが，ここでは底魚類（魚類，頭足類，エビ類）を対象とした小型底びき網（手繰 2 種）の漁獲物のみを集計した。月別に集計した漁獲量，漁獲努力量，漁獲高についての銘柄別基礎資料は当部の資料集として公表されている（1970 年）。この他，雑魚組成，体長組成，胃内容物調査を行なった。体長はアナゴ類，タチウオ，ハモは吻先端より肛門までとし，その他の魚類は吻先端より尾鰭基底までの長さ，イカ類は外套背長，エビ類は頭胸甲長を測定した。魚類の分類は松原（1955）により，その他の水産生物は新日本動物図鑑によった。

2. 宮崎県の小型底びき網漁業の概況

(1)，小型底びき網漁業の種類と漁獲量

1968 年宮崎県水産統計（1969）によると，小型底びき網漁業のなかには深海エビひき網（手繰 1 種）66 隻，えびひき網（手繰 2 種）552 隻，えさびき網 103 隻，(手繰 2 種)，赤貝けた網 115 隻，こだま貝けた網 46 隻，いたや貝けた網（以上手繰 3 種）95隻などの漁業種，漁船数が許可され，年間漁獲高約 4 億円を水揚している。

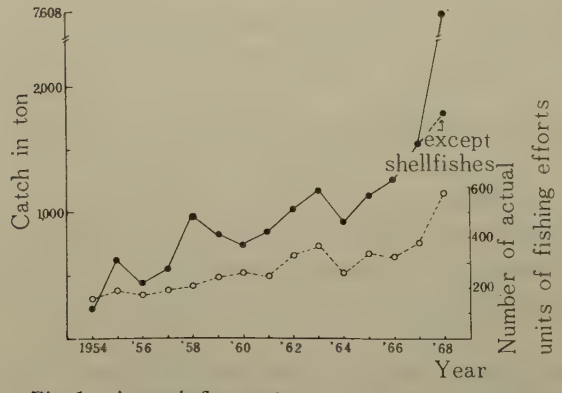


Fig. 1. Annual fluctuation of number of fishing efforts and of catch in MIYAZAKI prefecture.

小型底びき網漁業（手繰 1 種を除く）は 1955年頃に急速な発展がみられる。宮崎の水産（1958）によると 1954 年の漁獲量 121 トンに較べ 1958 年は年間 887 トンと約 7.4 倍の好成績をあげている。これは漁船数および漁撈技術の向上によるとしている。これより更に 10 年後の 1968 年は 7608 トンの漁獲が記録されている (Fig. 1)。これは土々呂地区，県中央域の都農，川南地区周辺での貝類の漁獲 5,949 トンによるもので，このために貝けた網漁業（手繰 3 種）が許

可されるようになった。

(2), 手繰2種漁業の規模

小型底びき網手繰2種漁業（えびひき網漁業）は宮崎県漁業調整規則によりトン数，馬力数は5トン未満，15馬力以下に制限され（1970年4月より20馬力以下に改正），袖口の浮子綱の長さ12m以内，ビームの長さ7.5m以内，袋網の網目15cmにつき18節以下の目合に制限されている。この漁業は1968年には県下で552隻許可され，このうち延岡湾およびその周辺域で操業する漁船数は組合別にみると延岡東漁協33隻，延岡漁協18隻，土々呂漁協37隻，鯛名漁協13隻，赤水漁協4隻（宮崎県水産統計1969）で約105隻程度である。

土々呂漁協の1967年の在籍船名簿より，この漁業のトン数，馬力数を調査した32隻についてみると，26隻は3トン以上5トン未満，15馬力のジイゼル機関のもので，この型のものが圧倒的に多い。1トン以上3トン未満，5～15馬力のもの4隻，その他2隻の構成となっている。

小型底びき網（手繰2種）漁業の操業は主として日没から日の出までの夜間に行なわれ，3～4回操業されている。1ひき網時間は投網開始より揚網完了まで約2時間を要し正味1時間30分位えい網されるのが普通で，障害物や魚の入網状況によってひき網時間は加減される。また，台風後や時化の後および冬期のイカ類を対象にする場合は昼間操業も行なわれている。

(3), 手繰2種漁業に従事する漁船の年間操業形態

沿岸小型漁船では幾つかの漁業を組合せることによって1年間の漁業経営が行なわれ，対象資源もそれぞれの季節によって相違するのが普通である。

小型底びき網（手繰2種）漁業は多数種の底魚類を目的とした漁業であり，他の漁業に較べて周年にわたる専業船も多い。しかし時期により他の漁業に転換することによって，収益増を計るため兼業形式をとる漁船もみられる。

延岡湾周辺で小型底びき網(手繰2種)漁業に従事する漁船の漁業形態を大まかに分類すると，Fig. 2のように3つの型がとられているが，いずれも主体は手繰2種漁業になっている。

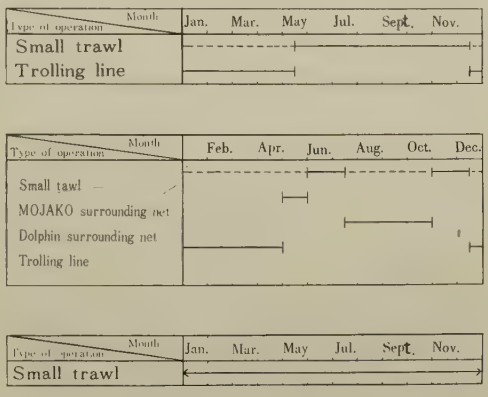


Fig. 2. Three different types of small trawler on operation.

3. 調査結果および考察

(1), 小型底びき網手繰2種漁業の漁獲物組成

i. 銘柄別漁獲物組成

調査した各年について漁獲物組成の年変化を検討するとともに，前報（1969）で述べた環境調査の結果より延岡湾の底層水温は夏期（8～9月）に最高水温を示し，冬期（1～3月）に最低水温がみられるので，水温を主とした環境要因の周期的変化に伴う銘柄別漁獲物重量比の季節的推移についても検討した。

季節別資料は市場の仕切伝票により月別に集計した銘柄別漁獲量を1～3月（低温期），4～6月（昇温期），7～9月（高温期），10～12月（降温期）別に再集計し，銘柄別漁獲量合計値に対する各銘柄魚の重量比を百分率で表わしTable 1, Table 2に示した。

(a). 漁獲物組成の年変化

年平均1航海，1隻当り漁獲量は1962年が51.9kg，1963年40.4kg，1964年29.3kg，1967年25.0kg，1968年36.5kg，1969年39.8kgであり，1967年を底として近年ではやや増加した傾向がみとめられる。

年間漁獲量のうちの95%以上はエビ類，頭足類，魚類の漁獲量によってしめているので，それぞれにつ

Table 1. Composition of the relative amount (%) by year, season and commercial name show with the weight.

(a) 1962, 1963

月		Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
年		1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963
延航海数		201	406	267	701	296	667	321	728	1,085	2,502
総漁獲量 (kg)		12,664	29,712	9,316	21,067	18,804	28,669	15,628	21,718	56,362	101,166
1航海当の漁獲量 (kg)		63.0	73.1	34.8	30.0	63.5	42.9	48.6	29.8	51.9	40.4
銘柄名	学名	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
スズキ	Lateolabrax japonicus	0.10	0.08	0.55	0.08	0.07	0.31	0.22	0.03	0.11	0.13
ヒラメ	Paralichthys olivaceus	6.19	3.61	3.48	3.38	0.25	0.24	0.92	0.68	2.30	1.88
エソ類	Saudira	13.71	12.55	2.13	3.49	5.41	0.92	18.78	4.38	10.44	5.62
アナゴ類	Congridae	1.46	0.94	1.41	3.55	1.09	0.46	1.03	0.38	1.18	1.24
シバダイ	Evynnis japonica	0.08	0.06	—	0.18	0.61	1.42	0.92	6.94	0.45	1.95
タイ	Evynnis japonica	0.06	0.09	0.07	1.47	0.18	1.02	0.26	1.29	0.51	0.80
ヒメジ	Upeneus bensasi	4.84	0.57	0.10	0.18	1.07	0.30	1.49	0.92	1.84	0.49
ヒラゲ	Leiognathus nuchalis	0.35	0.19	0.93	1.24	0.21	1.18	0.00	0.61	0.30	0.78
ギロ	L. rivulatus	0.47	0.95	—	0.02	0.23	—	0.15	—	0.21	0.28
グチ	Argyrosomus argentatus	0.22	0.02	0.91	0.88	0.73	0.71	0.47	0.65	0.55	0.53
コチ	Platycephalidae	0.16	0.08	0.39	1.21	5.39	3.82	0.61	1.65	2.07	1.71
キス	Sillago sihama	0.13	0.05	6.10	0.52	1.54	1.29	0.81	0.88	1.73	0.68
カレイ	pseudorhombus cinnamoneus	0.33	0.18	0.31	0.82	0.32	0.61	0.55	0.36	0.37	0.47
アマ	Branchiostegus	0.11	0.30	0.12	0.39	0.57	0.43	0.26	0.39	0.29	0.38
シタ	Soleina	0.26	0.80	0.86	0.32	1.08	1.04	1.45	1.91	0.93	1.01
アンコウ	Lophiomus setigerus	0.81	1.13	1.19	1.07	0.47	1.82	0.05	1.04	0.53	1.29
カナ	Lepidotrigla	0.22	2.57	0.03	0.93	1.34	7.19	0.47	6.41	0.59	4.36
ハモ	Muraenesox cinereus	0.09	0.13	0.38	0.80	22.00	4.61	14.09	4.56	11.33	2.49
ホウボウ	Chelidonichthys kumu	0.03	0.62	0.21	1.30	0.24	0.31	0.04	0.15	0.12	0.58
チヌ	Mylio macroclphalus	0.04	0.02	0.49	0.48	0.13	0.12	0.08	0.15	0.15	0.17
コノシロ	Konosirus punctatus	—	0.01	0.08	0.12	0.07	0.50	—	0.32	0.03	0.24

月		Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
年		1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963
銘柄名	学名	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ハギ	Aluteridae	0.09	0.05	0.09	0.75	0.19	0.17	0.17	0.06	0.13	0.23
イシモチ	Apogon	0.18	0.07	0.01	0.52	1.12	0.44	0.67	0.77	0.57	0.42
スミヤキ	Therapon Opyrhynchus	—		0.25	0.67	0.43	0.76	0.06	—	0.19	0.35
マケラ	Gerres japonicus	—		0.53	0.47	0.23	0.23	—	0.00	0.15	0.16
イサキ	Parapristipoma trilineatum	—		0.04	0.06	—	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
エイ	Dasyatidae	0.36	0.18	2.00	1.18	1.54	0.66	0.61	0.21	1.05	0.53
トラ	Parapercidae	0.32	1.89	0.40	1.57	0.79	0.71	—	0.92	0.37	1.28
イボ	Psenopsis anomala	—	0.00	—	0.01	1.13	0.20	0.93	1.19	0.60	0.31
マトウ	Zeus japonicus	0.10	0.25	—	0.01		1.31	0.02	1.02	0.02	0.66
ハゼ	Gobiina	—	0.01	—	—		0.49	—	0.33	—	0.21
エバ	Caranx equula	0.03	0.01	0.03	—	1.36	0.91	0.32	1.28	0.50	0.53
ゼンゴ	Trachurus japonicus	0.14	0.40	—	1.00	0.56	4.00	0.54	0.32	0.34	1.54
金魚	Chelidoperca hirundinacea	0.01	0.05	—	—	0.05	2.66	—	2.39	0.02	1.28
タチウオ	Trichiurus lepturus	—	0.06	0.23	0.03	0.07	0.07	—	1.62	0.15	0.39
コテ	Plectorhynchus cinctus	—	0.01	0.03		0.01	0.02	—	0.00	0.01	0.01
カマス	Sphyraena	—		0.11	0.35	0.07	0.45	0.09	0.05	0.07	0.22
その他の魚類	Other fishes	6.80	6.00	5.43	6.00	3.10	7.20	2.00	0.00	4.38	5.90
魚類小計	Total of fishes	40.14	36.23	31.13	30.51	56.32	49.56	50.04	45.79	46.78	42.78
タコ類	Octopoda	1.89	1.69	1.44	3.42	1.84	1.36	0.75	0.24	1.43	1.63
コウイカ類	S. epiidae	53.64	55.12	28.56	18.34	1.23	2.20	24.57	8.30	23.96	22.22
タコ，イカ類の小計	Total of Octopus & Cuttlefish	55.53	56.81	30.00	21.76	3.07	3.56	25.32	8.54	25.39	23.85
バイ	Babylonia japonica	—	—	0.06	0.95	0.38	0.76	0.02	0.48	0.13	0.54
カニ類	Brachyura	2.50	2.30	2.73	1.46	2.67	0.96	1.97	1.92	2.19	1.66
クルマエビ	Penaeus japonicus	0.56	0.26	0.90	3.89	0.59	3.66	0.69	3.04	0.57	2.55
クマエビ	Penaeus semisulcatus	0.03	0.32	9.69	7.34	1.06	1.46	9.28	12.76	4.54	4.78

月		Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
年		1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963
銘柄名	学名	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ヤワラ	"Sloughed prawns"		0.02	0.78	0.78	0.32	0.77	0.49	1.62	0.37	0.73
オゾ	Metapenaeus monoceros	0.00	0.03	0.36	1.38	0.81	3.94	0.73	3.16	0.53	2.09
ヨリ	"Large shrimps"		0.28	0.01	10.03	0.40	0.74	—	0.12	0.13	2.41
シバ	"Small shrimps"	3.64	5.73	27.05	17.31	36.60	34.93	12.86	20.40	21.06	19.57
イセ	Panulirus japonicus			0.01	0.00	0.03	0.08	0.14	0.15	0.05	0.05
エビ類小計	Total of prawns & shrimps	4.24	6.66	38.81	40.77	39.85	45.61	24.21	41.29	27.28	32.24

(b) 1964, 1967

		Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
		1964	1967	1964	1967	1964	1967	1964	1967	1964	1967
調査隻数		335		811	200	982	221	635	224	2,763	645
総漁獲量 (kg)		18,296.87		21,974.84	6,390.2	20,985.42	4,982.37	19,719.78	4,798.75	80,976.91	16,171.32
1隻当り漁獲量 (kg)		54.61		27.09	31.95	21.36	22.54	31.00	21.42	29.30	25.07
漁獲物重量組成 (%)	その他の漁獲量	94.46		38.75	44.10	40.49	44.51	26.25	61.07	48.75	49.25
	エビ類漁獲量	5.52		61.24	55.88	59.50	55.45	73.74	38.85	51.24	50.72
	クルマエビ	0.38		5.21	4.25	10.00	5.80	4.58	2.83	5.21	4.32
	ヤワラ	0.06		2.03	2.44	3.18	3.05	2.62	2.54	2.03	2.66
	クマエビ	0.19		6.76	5.10	3.33	0.20	48.57	19.46	14.57	7.85
	オゾ	0.10		2.13	1.79	8.10	6.10	4.52	4.08	3.80	3.80
	ヨリ	0.38		9.48	5.28	4.14	0.10	0.46	0.10	3.85	2.15
	シバ	4.37		35.58	36.94	30.54	40.16	12.62	9.81	21.63	29.89
	イセ	0.00		0.00	0	0.01	0	0.33	0	0.12	0

(c) 1968, 1969

月	Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
年	1968	1969	1968	1969	1968	1969	1968	1969	1968	1969
調査隻数	110	57	205	227	188	152	182	141	685	577
総漁獲量 (kg)	3,196	2,629	8,223	8,357	7,681	4,533	5,932	7,592	25,032	23,011
1隻当り漁獲量 (kg)	29.04	44.37	40.01	36.81	40.85	29.82	32.59	53.84	36.54	39.88
その他の漁獲量	96.31	80.30	64.60	48.84	62.27	75.88	66.16	88.23	68.31	69.89
エビ類漁獲量	3.61	19.69	35.37	51.14	37.71	24.08	33.83	11.74	31.68	29.05
クルマエビ	0.78	1.30	2.32	2.74	2.70	5.44	1.51	1.46	2.06	2.19
ヤワラ	0.15	0.43	0.81	0.78	1.19	1.32	2.42	0.32	1.23	0.70
クマエビ	0.31	0.07	1.69	1.41	0.11	0.01	5.86	0.36	2.02	0.65
オゾ	0.33	0.07	0.49	1.17	1.21	2.16	2.49	0.65	1.13	1.07
ヨリ	—	0.67	3.17	3.06	0.88	0.70	0.05	0.01	1.33	1.32
シバ	2.28	17.04	26.85	41.92	31.58	14.05	21.42	8.50	23.88	22.44
イセ	—	—		0.00	—	0.24		0.35		0.16

Table 2. Composition of the relative amount (%) by year, season and commercial name show with money.

(a) 1964, 1967

月	Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
年	1964	1967	1964	1967	1964	1967	1964	1967	1964	1967
調査隻数 (隻)	335	—	811	200	982	221	635	224	2,763	645
総漁獲高 (円)	2,186,646	—	5,232,422	1,814,375	5,564,960	1,565,224	9,701,263	2,089,674	22,685,291	5,469,273
1隻当り漁獲高 (円)	6,527		6,451	9,071	5,666	7,082	15,277	9,328	8,210	8,479
魚類, イカ類の計 (%)	79.84		12.86	9.04	12.99	15.01	4.76	19.09	15.89	14.59
ヒラメ	15.36		0.59	0.33	0.28	0.01	0.07	0.04	1.71	0.12
エソ	1.96		0.64	2.48	0.48	1.78	0.25	1.19	0.56	1.81
シバダイ	0.64		0.57	0.19	0.73	0.01	0.19	0.03	0.37	0.07
ハモ	0.36		0.47	0.88	0.98	2.87	0.57	0.95	0.64	1.48

月	Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
年	1964	1967	1964	1967	1964	1967	1964	1967	1964	1967
カナ	0.20		0.04		0.08	—	0.01		0.03	
キス	—		—	0.71	—	2.17	—	0.57	—	1.07
グチ	—		—	0.16	—	0.95	—	0.43	—	0.49
カレイ	—		—	1.98	—	1.53	—	0.62	—	1.37
ヒメジ	—		—	0.33	—	0.57	—	0.09	—	0.32
コウイカ	33.65		2.86	1.21	0.25	0.03	1.10	0.47	4.44	0.62
エビ類	20.12		87.11	82.46	86.99	74.82	95.22	76.27	84.09	77.92

(b) 1968, 1969

月	Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
年	1968	1969	1968	1969	1968	1969	1968	1969	1968	1969
調査隻数 (隻)	110	57	205	227	188	152	182	141	685	577
総漁獲高 (円)	764,998	435,683	1,649,543	1,999,771	1,319,198	1,12,300	1,510,797	1,072,444	5,244,536	4,633,198
1隻当り漁獲高 (円)	6,954	7,643	8,046	8,809	7,017	7,403	8,300	7,605	9,089	8,029
魚類イカ類の計 (%)	84.54	47.51	7.46	15.15	23.95	23.72	23.24	44.94	29.63	27.21
ヒラメ				0.05		0.17		—		0.06
エソ				1.70		1.15		3.26		1.79
シバダイ				0.25		0.35		1.58		0.58
ハモ				0.15		2.04		2.70		1.23
カナ								0.83		0.19
キス				1.45		1.68		0.93		1.27
グチ				0.20		1.33		0.27		0.51
カレイ				2.75		2.84		3.35		2.65
ヒメジ										
コウイカ				1.70		0.06		19.76		5.33
エビ類	13.07	52.33	92.50	84.75	75.95	76.15	76.74	54.92	70.29	72.76

いて経年の推移をみると，エビ類は1962年が27.2%，1963年32.4%，1964年51.2%，1967年50.7%，1968年31.6%，1969年29.0%となり，1964，1967年は漁獲量の50%はエビ類で占めている。年漁獲高（水揚金額）でエビ類の占める割合をみると1964年が84.0%，1967年77.9%，1968年70.0%，1969年72.7%で小型底びき網手繰2種漁業の主要資源となっていることを示している。

魚類の漁獲量の比率は1962年が44.5%，1963年41.1%を占め，頭足類は1962年に25.3%，1963年23.8%を占めている。1964年以降は魚類，頭足類を区別できる資料が得られず，両者を含めてみると，エビ類の比率とは逆の関係を示すことになり，1964年が48.7%，1967年49.2%，1968年68.3%，1969年69.8%となっており，漁獲量ではエビ類とともに量要な役割を果しているものといえよう。

次に，1962，1963年の年漁獲量に対する銘柄別重量比で1%以上を占めるものについて比率の大きい順に列記すると，1962年はイカ類25.3%，シバエビ類21.0%，ハモ11.3%，エソ類10.4%，クマエビ4.5%，ヒラメ2.3%，カニ類2.1%，コチ類2.0%，ヒメ1.8%，キス1.7%，タコ類1.4%，アナゴ類1.1%，エイ類1.0%などであり，1963年はイカ類22.2%，シバエビ類19.5%，エソ類5.6%，クマエビ4.7%，カナガシラ類4.3%，クルマエビ2.5%，ハモ2.4%，ヨリ（サルエビ，トラエビの大型のも）2.4%，オゾ（ヨシエビ主体）2.0%，チダイシバダイ1.9%，ヒラメ1.8%，コチ類1.7%，カニ類1.6%，タコ類1.6%，ゼンゴ（アジ類）1.5%，アンコウ1.2%，金魚（ヒメコダイ）1.2%，トラギス科1.2%，アナゴ類1.2%，ウシノシタ類1.0%の順となり，両年の3位以下の銘柄は年による順位変動が大きい。

(b). 銘柄別漁獲重量比の季節変化

エビ類，頭足類，魚類に大別して季節変化をみると，1962，1963年ではエビ類は1-3月に4～6%台で低く，4-6月に38～40%と急激に増加し，7-9月に39～45%で最高水準を示し，10-12月には24～41%でやや低下する傾向がみられる。魚類は1-3月に37～33%，4-6月に28～29%，7-9月に53～48%，10-12月48～43%の比率を示し，7-9月に魚類漁獲量が大きいことが認められる。頭足類（主体はコウイカ）は1-3月に55～56%，4-6月30～21%，7-9月3%，10-12月25～8%で，1-3月には漁獲物の半数以上を占め最も重視されるが，7-9月には僅か3%台に低下し季節変動の大きいものである。

1964年以降についてエビ類と魚類・頭足類の比率をみると，1964，1968，1969年の1-3月では1962，1963年と同様にエビ類の比率は低く，魚類・頭足類などの比率が圧倒的に高い。1964～1969年の4-6月，7-9月はエビ類が50%以上を占め，10-12月では1964年の場合73%と多いが，1967年は38%にとどまっている。全般的にみて，エビ類は年により若干の相違はみられるが，4-12月には漁獲量の半数近いものを占め，冬期（1-3月）に著しく低下する傾向を示すもので，頭足類の季節変化とは対照的異質の関係がみられる。

次に，季節変化が認められる銘柄のうち，1-3月にピークをもつ銘柄をみると，コウイカ類，エソ類，ヒラメにみとめられる。4-6月にはグチ類，キス，エイ類，クマエビにピークがみられ，7-9月にはコチ類，カナガシラ類，クルマエビ，ハモ，オゾ（主としてヨシエビ），シバエビ（小型エビ類），10-12月にはシバダイ（チダイ当才魚），ウシノシタ類，クマエビがこれにあたる。これらの銘柄で漁獲量，水揚金額の両面で主要な位置にあるものは1-3月のコウイカ類，エソ類，4-6月のクマエビ，7-9月のクルマエビ，ハモ，シバエビ，10-12月のクマエビ，シバダイなどであろうと思われるので後述の重要魚種の季節変化の項でのべたい。

ii. 雑魚組成

雑魚は殆んど魚市場に水揚されず自家消費される。また，利用価値のない生物は洋上投棄されている関係もあり，有用魚以外のこれらの生物の実態は殆んど知られていなかったので，種類数，混獲状況を明らかにするため，1967年より宮崎県沿岸漁業指導所で底魚の委託調査の一環として調査された。

雑魚の抽出は標本船の漁獲物より重要銘柄魚をよりだした残りの生物（小型魚・エビ類などと海上へすてる生物（カニ類が多い）を含む）中より約2.5kgを抽出する雑魚組成調査を原則として月1回以上実施した。1967年4月～1968年12月までに延47回標本が採集され，合計124kgの雑魚について組成調査が行なわれた。

銘柄魚と同様に季節別に区分し，最近の3ケ年間における各季節に出現した種類についてそれぞれの重量を集計し，標本重量に対する各種のしめる割合を百分率で示すとTable 3のような結果が得られた。Table 3

Table 3. Species composition of "Other fishes" show the catch (gr.) and Percentage by season from Apr., 1967 to Dec. 1968.

No.	Species name		Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
			gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
1	ガンギエイ	Raja kenojei							23	0.07	23	0.01
2	オキエソ	Trachinocephalus			83	0.21	59	0.15	178	0.55	320	0.25
3	マエソ	Saurida undosquamis	426	2.97	649	1.65	349	0.90	1,304	4.09	2,728	2.19
4	ハダカイワシ	Diaphus coeruleus			6	0.01	5	0.01			11	0.00
5	ゴンズイ	Plotosus anguillaris							18	0.05	18	0.01
6	アナゴ科	Congridae	410	2.86	703	1.78	1,663	4.30	772	2.42	3,548	2.84
7	マアナゴ	Astroconger myriaster	315	2.19							315	0.25
8	ゴテンアナゴ	Anago anago			19	0.04					19	0.01
9	ダイナンウミヘビ	Ophisurus macrorhynchus					130	0.33			130	0.10
10	メクラアナゴ	Dysomma anguillare					40	0.10			40	0.03
11	ウツボ	Gymnothorax kidako			113	0.28					113	0.09
12	タツノオトシゴ	Hippocampus coronatus							11	0.03	11	0.00
13	マトウダイ	Zeus japonicus	198	1.38	12	0.03	198	0.51			408	0.31
14	ムギイワシ	Atherion elymus	22	0.15							22	0.01
15	マルアジ	Decapterus maruadsi							30	0.09	30	0.02
16	マアジ	Trachurus japonicus							50	0.15	50	0.04
17	カイワリ	Caranx equula	21	0.14	55	0.13	117	0.30	2	0.00	195	0.15
18	ヒイラギ	Leiognathus nuchalis	36	0.25	17	0.04	104	0.26	13	0.04	170	0.13
19	オキヒイラギ	L. rivulatus	872	6.08	1,000	2.54	259	0.66	1,426	4.50	3,557	2.85
20	ヒメジ	Upeneus bensasi	439	3.06	1,242	3.15	1,501	3.88	1,274	4.00	4,456	3.57
21	ミナミヒメジ	U. vittatus					35	0.09			35	0.02
22	マトイシモチ	Apogonichthys carinatus	171	1.19	242	0.61	141	0.36	249	0.78	803	0.64
23	クロイシモチ	Apogon niger			7	0.01					7	0.00
24	テンジクダイ	A. lineatus	53	0.36	74	0.18	100	0.25	58	0.18	285	0.22
25	テッポウイシモチ	A. kiensis	21	0.14	71	0.18	72	0.18	106	0.33	270	0.21
26	ネンブツダイ	A. semilineatus	127	0.88	1,496	3.80	1,016	2.62	1,816	5.70	4,455	3.57
27	ユゴイ科	Kuhliidae			11	0.02					11	0.00

No.	Species name		Jan. ~ Mar.		Apr. ~ Jun.		Jul. ~ Sept.		Oct. ~ Dec.		Total	
			gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
28	ホタルジャコ	Acropoma japonicum			44	0.11			86	0.27	130	0.10
29	ム　　ツ	Scombrops boops	3	0.02	14	0.03	262	0.67	85	0.26	364	0.29
30	マ　ハ　タ	Epinephelus septemfasciatus							25	0.07	25	0.02
31	ア　　ラ	Niphon spinosus					3	0.00			3	0.00
32	ベンテンハナダイ	Mustelichthys gracilis	20	0.13							20	0.01
33	シ　ロ　グ　チ	Argyrosomus argentatus							414	1.30	414	0.33
34	キ　　ス	Sillago sihama	138	0.96	130	0.33	162	0.41	293	0.92	723	0.58
35	チ　ダ　イ	Evynnis japonica	18	0.12	1,337	3.40	75	0.19			1,430	1.14
36	イ　サ　キ	Parapristipoma trilineatum	20	0.13			86	0.22	16	0.05	122	0.09
37	コショウダイ	Plectorhynchus cinctus	43	0.30							43	0.03
38	シマイサギ	Therapon oxyrhynchus							16	0.05	16	0.01
39	クラカケギス	Neopercis sexfasciata	183	1.27	524	1.33	162	0.41	450	1.41	1,319	1.05
40	ミシマオコゼ	Uranoscopus japonicus					40	0.10			40	0.03
41	ヨ　メ　ゴ　チ	Calliurichthys japonicus			18	0.04					18	0.01
42	ヤリヌメリ	C. doryssus	576	4.02	2,654	6.74	1,811	4.68	388	1.21	5,429	4.35
43	ネズミゴチ	Callionymus richardsoni	620	4.32	2,795	7.10	5,829	15.07	628	1.97	9,872	7.92
44	ギ　ン　ポ	Enedrias nebulosus							5	0.01	5	0.00
45	ハ　ゼ　亜　目	Gobiina			21	0.05	8	0.02	108	0.33	137	0.10
46	ア　カ　ハ　ゼ	Chaeturichthys hexanema			167	0.42	12	0.03			179	0.14
47	コモチジャコ	C. sciistius							86	0.27	86	0.06
48	カゴカキダイ	M. strigatus							70	0.22	70	0.05
49	ア　イ　ゴ	Siganus fuscescens			78	0.19					78	0.06
50	カ　ワ　ハ　ギ	Stephanolepis cirrhifer	85	0.59			147	0.38			232	0.18
51	ウマズラハギ	Navodon modestus			45	0.11	13	0.03			58	0.04
52	サ　バ　フ　グ	Lagocephalus lunaris	416	2.90					1,148	3.60	1,564	1.25
53	ヒメヤマノカミ	Brachirus bellus	20	0.13					41	0.12	61	0.04
54	ハ　　チ	Apistus carinatus	8	0.05			16	0.04	9	0.02	33	0.02
55	ヒレナガカサゴ	Neosebastes entaxis					1	0.00			1	0.00
56	ヒ　メ　オ　コ　ゼ	Minous monodactylus	73	0.50	125	0.31	4	0.01	19	0.05	221	0.17

No.	Species name		Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Total	
			gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
57	オニゴチ	Onigocia spinosa			5	0.01					5	0.00
58	マツバゴチ	Rogadius asper	238	1.66							238	0.19
59	メゴチ	Suggrundus meerderoorti	315	2.20	111	0.28	534	1.38	1,058	3.32	2,018	1.62
60	コチ	Platycephalus indicus			68	0.17					68	0.05
61	ソコハリゴチ	Hoplichthys gilberti	63	0.43							63	0.05
62	ホウボウ	Chelidonichthys kumu			57	0.14	240	0.62			297	0.23
63	トゲカナガシラ	Lepidotrigla japonica			490	1.24	42	0.10			532	0.42
64	ソコカナガシラ	L. abyssalis			27	0.06	20	0.05	41	0.12	88	0.07
65	カナガシラ	L. microptera	76	0.53	429	1.09	1,006	2.60	460	1.44	1,971	1.58
66	ホシセミホウボウ	Daicocus peterseni					7	0.01			7	0.00
67	コケビラメ	Citharoides macrolepidotus	76	0.53	38	0.09					114	0.09
68	ヒラメ	Paralichthys olivaceus			77	0.19	83	0.21	309	0.97	469	0.37
69	タマカンゾウ	Pseudorhombus Pentophthalmus			9	0.02					9	0.00
70	ガンゾウビラメ	P. cinnamoneus			26	0.06	55	0.14			81	0.06
71	イイジマダルマガレイ	Psettina ijimai					26	0.06			26	0.02
72	ダルマガレイ	Engyprosopon grandisquama	388	2.70	1,610	4.09	258	0.66	220	0.69	2,476	1.98
73	カワラガレイ	Poecilopsetta plinthus	7	0.04	24	0.06	176	0.45			207	0.16
74	カレイ科	Pleuronectidae	180	1.25	549	1.39	350	0.90	162	0.50	1,241	0.89
75	トビササウシノシタ	Aseraggodes kobensis	425	2.96	291	0.74	689	1.78	800	2.51	2,205	1.77
76	シマウシノシタ	Zebrias zebra			50	0.12					50	0.04
77	ツノウシノシタ	Aesopia cornuta	60	0.41							60	0.04
78	クロウシノシタ	Rhinoplagusia japonica	370	2.58	138	0.35	162	0.41	855	2.68	1,525	1.22
79	イヌノシタ	Cynoglossus robustus			200	0.50	47	0.12	1,154	3.62	1,401	1.12
80	ゲンコ	Areliscus insterruptus	232	1.61	2,283	5.69	2,596	6.71	911	2.86	6,022	4.82
81	アンコウ	Lophiomus setigerus			259	0.65	24	0.06	62	0.19	345	0.27
82	ハナオコゼ	Pterophryne histrio					15	0.03			15	0.01
83	イザリウオ	Antennarius tridens	11	0.07	136	0.34	37	0.09	10	0.03	194	0.15
84	ウミサボテン	Cavernularia obesa			469	1.19			89	0.27	558	0.44

No.	Species name		Jan. ~ Mar.		Apr. ~ Jun.		Jul. ~ Sept.		Oct. ~ Dec.		Total	
			gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
85	ウミエラ	Leiopterus fimbriatus			43	0.10			26	0.08	69	0.05
86	タカラガイ類	Cypraeidae					8	0.02			8	0.00
87	ツメタガイ	Neverita didyma			39	0.09	31	0.08			70	0.05
88	ホラガイ	Charonia tritonis										
89	ミクリガイ	Siphonalia cassidariaeformis					22	0.05			22	0.01
90	キセワタガイ	Philine argentata	8	0.55	54	0.13	187	0.48	100	0.31	349	0.28
91	ヌノメアカガイ	Cucullaea granulosa										
92	マルサルボウ	Anadara nipponensis			3	0.00			138	0.43	141	0.11
93	イタヤガイ	Pecten albicans			30	0.07	240	0.62	48	0.15	318	0.25
94	カイ類	Prosobranchia	285	1.98	913	2.32	1,204	3.11	626	1.96	3,028	2.43
95	コウイカ	Sepia esculenta	202	1.40	4	0.01	6	0.01	622	1.95	834	0.66
96	ヒメコウイカ	Sepia andreanoides	173	1.20	637	1.62	255	0.66	1,455	4.57	2,523	2.02
97	ミミイカ	Euprymna morsei	158	1.10	879	2.23	689	1.78	693	2.17	2,419	1.84
98	ジントウイカ	Loligo japonica					21	0.05	38	0.11	59	0.04
99	ヤリイカ	Doryteuthis bleekeri	39	0.27	7	0.01	281	0.72	110	0.34	437	0.35
100	スルメイカ	Todarodes pacificus							20	0.06	20	0.01
101	イカ類	Decapoda	33	0.23	154	0.38	103	0.26	42	0.17	332	0.26
102	マダコ	Octopus vulgaris	263	1.83	568	1.44	66	0.17	9	0.02	906	0.72
103	イイダコ	O. ocellatus	94	0.65	110	0.27	339	0.87	957	3.00	1,500	1.20
104	ミズダコ	O. hongkongensis							84	0.26	84	0.06
105	ウロコムシ	Aphrodita japonica	36	0.25	60	0.15					96	0.07
106	クルマエビ	Penaeus japonicus			20	0.05					20	0.01
107	クマエビ	P. semisulcatus			5	0.01					5	0.00
108	ヨシエビ	Metapenaeus monoceros							121	0.38	121	0.09
109	サルエビ	Trachypenaeus curvirostris	86	0.60	2,253	5.73	1,516	3.92	2,311	7.26	6,166	4.95
110	マイマイエビ	Atypopenaeus compressipes					3	0.00	134	0.42	137	0.10
111	アカエビ	Metapenaeopsis barbata							5	0.01	5	0.04
112	トラエビ	M. acclivis	71	0.49	819	2.08	1,412	3.65	452	1.42	2,754	2.20
113	イシエビ	Sicyonia cristata	18	0.12	91	0.23	84	0.21	6	0.01	199	0.15

No.	Species name		Jan. ～ Mar.		Apr. ～ Jun.		Jul. ～ Sept.		Oct. ～ Dec.		Tatal	
			gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%
114	テッポウエビ	Alpheus brevicristatus			4	0.01	3	0.00			7	0.00
115	ウチワエビ	Ibacus ciliatus					2	0.00			2	0.00
116	エビ類	Macrura	280	1.95	3,269	8.31	1,755	4.53	1,561	4.90	6,865	5.51
117	ヤドカ類	Anomura			31	0.07					31	0.02
118	ビワガニ	Lyreidus tridentatus					12	0.03			12	0.00
119	カイカムリ	Dromia dehaani							20	0.06	20	0.01
120	ヘイケガニ	Dorippe japonica			10	0.02	374	0.96	104	0.32	488	0.39
121	キメンガニ	Dorippe dorsipes	135	0.94	25	0.06	246	0.63	228	0.71	634	0.50
122	コブシガニ	Leucosia obtusifrons	83	0.57	75	0.19	524	1.35	52	0.16	734	0.58
123	トラフカラッパ	Calappa lophos	358	2.49	320	0.81	643	1.66	1,057	3.32	2,378	1.90
124	ヒシガニ	Lambrus validus			9	0.02	56	0.14			65	0.05
125	ジャノメガザミ	Portunus sanguinolentus	37	0.25	216	0.54	571	1.47	1,041	3.27	1,865	1.49
126	イシガニ	Charybdis japonica							5	0.01	5	0.00
127	シマイシガニ	C. cruciata					41	0.10	87	0.27	128	0.10
128	カニ類	Brachyura	2,011	14.03	4,066	10.34	4,782	12.36	960	3.01	11,819	9.48
129	シャコ	Squilla oratoria	18	0.12	438	1.11	302	0.78	149	0.46	907	0.72
130	モミジガイ	Astropecten scoparius	79	0.55							79	0.06
131	ヒトデ類	Asteroidea	1,472	10.27	819	2.08	851	2.20	539	1.65	3,681	2.85
132	ブンブク類	Echinoidea			5	0.01	46	0.11	80	0.25	131	0.10

の右欄に3ケ年間に出現した各魚種の重量と混獲率を示したが，最も混獲率の高い魚種はネズミゴチ7.9%で次いでサルエビ4.9%，ゲンコ4.8%，ヌメリゴチ4.3%，ヒメジ3.5%，ネンブツダイ3.5%，オキヒイラギ2.8%，トラエビ2.2%，マエソ2.1%，ヒメコウイカ2.0%……がみられる。これらを大別して総観すると，魚類は全体の52.7%，甲殻類28.3%，軟体類10.4%，その他の生物が8.4%をしめている。

次に，雑魚組成の年計で混獲率1%以上を占める種類について混獲率の季節変化をみると，各魚種の季節変化の型にはいくつかの類似した傾向を示すものがみられるので，これを類別して Fig. 3 に示した。4-6月に混獲率の高い魚種 (Fig. 3a) はヨメゴチなど3種類，7-9月に混獲率の高い魚種 (Fig. 3b) としてネズミゴチなど4種類がみられ，10-12月に混獲率の高い魚種としてジャノメガザミなど5種 (Fig. 3d)，10-12月，1-3月の秋～冬期に混獲率が高く4-9月の春～夏期に低い魚種としてオキエソなど7種類がある。この他にヒメジ，ミミイカのように周年を通じて大きな変化をしめさない魚種もみられる (Fig. 3e).

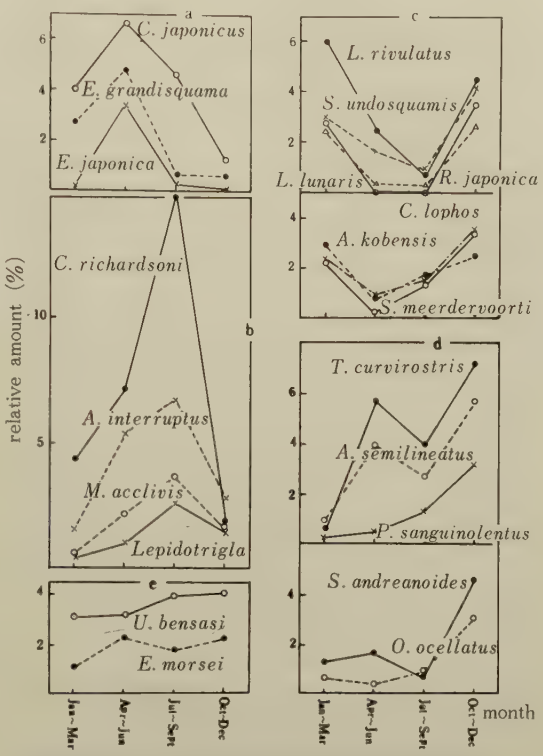


Fig. 3. Seasonal variation of relative amount of "other fishes".

上述したように各種の混獲率の変化状況を5つの型に類別したが，これらの各種のうち魚類16種について季節別に混獲率の高い順に配列し，各季節間の魚種組成の相違を順位相関係数によって検討した。4-6月と7-9月の関係は $r_s=0.7148$ ($t=5.00$, t 表 $(14, 0.05)=2.145$) で相関関係が認められるが，7-9月と1-3月は $r_s=0.3706$，1-3月と4-6月は $r_s=0.2795$，1-3月と10-12月は $r_s=0.1736$，10-12月と7-9月は $r_s=0.0089$，10-12月と4-6月は $r_s=0.0941$ となり無相関関係を示している。

(3)，重要魚種の漁獲量

(a). 漁獲量の年変化

小型底びき網漁業で主要な魚種としてエビ類の他に，ハモ，エソ類，イカ類，チダイがみられる。今回の調査ではハモ，エソ類，イカ類，チダイの漁獲量の資料が得られたのは1962，1963年のみであり経年変化の傾向を推察することはできないが，これらの魚種は中型底びき網漁業においても重要な対象魚種となっており，1951年より1965年まで豊後水道，日向灘海域で操業した漁船について漁獲物調査が実施されている。その結果をみると，ハモは1952年を頂点に累進的減少傾向を示し，マエソは周期変動を伴いながらも全般に減少傾向にあり，コウイカには大きな累年変動はみられず平衡的に推移し，チダイはイボダイ等とともに年変動の大きい魚種であることがみとめられている（横田ほか1963，工藤ほか1968)。

Fig. 4 に本調査で得たエビ類の1隻当り漁獲量の年変化を示した。クルマエビは1964年に漁獲量が多く年平均1隻1.5 kg 程度の好漁を示したが，1967年は1 kg 程度となり，1968，1969年は0.7 kg の低い水準で平衡状態を示している。クマエビはクルマエビと同様，1964年に好漁がみられ年平均4.2 kg の漁獲量を示したが，1968，1969年に急減し1969年は年平均0.2 kg とその減少は著しい。ヤワラ（クルマエビ，

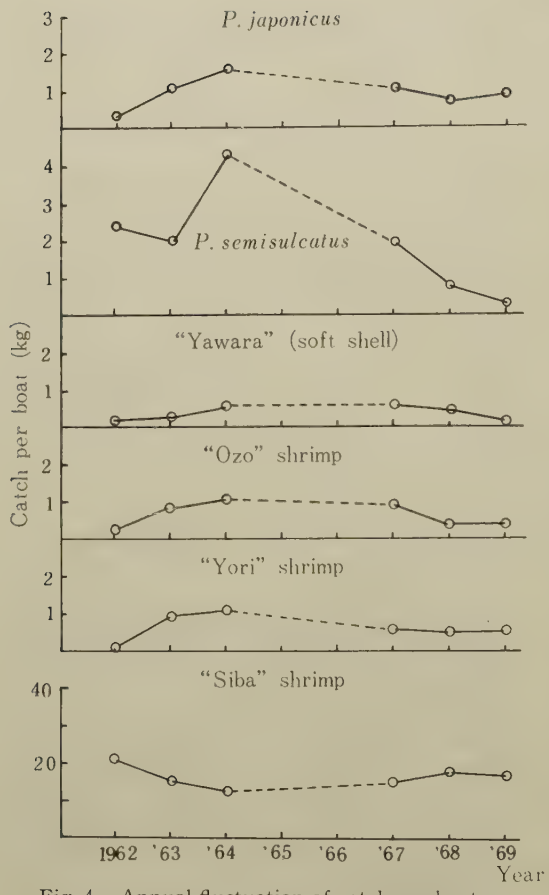


Fig. 4. Annual fluctuation of catch per boat on shrimp and prawn.

クマエビ等大型エビの脱皮直後のものの総称）は1964，1967年に漁獲量が多いが，1969年は少ない。オゾ（ヨシエビ主体），ヨリ（トラエビ，サルエビなど小型エビのうちで比較的に大きいもの）の漁獲量は1964年に1 kg台を示すが，1968，1969年は0.5 kg台に低下している。シバエビ（小型エビの総称で主としてトラエビ，サルエビ）は1964年に12 kgで最低値を示したが1967～1969年は15～17 kgとやや増加している。

(b). 重要魚種の漁獲量の月別推移

i. ハモ Muraenesox cinereus (Forskål)

1962，1963年の1隻当り漁獲量の月別推移をFig. 5aに示した。漁獲量は6月より増加傾向がみられ，8-9月をピークとしてハモ漁の盛漁期を示すが10月以降減少しはじめ12月には漁期はじめの水準まで低下し，冬期には極く少量漁獲されている程度である。豊後水道，日向灘の沖合で操業する中型底びき網の漁獲物のハモ漁獲量は豊後水道では9月にピークを示し10以降減少し，南部の日向灘では1月おくれて10月にピークがあらわれ，その後減少する傾向がみとめられる（工藤・通山1967）。延岡湾と北部の日向灘の場合にもピークの位置は1月おくれて沖合では10月に出現する。また宮崎県の北，中，南部海域のハモ延縄漁業の漁況からみても，北部は6. 7. 8月，南部は7. 8月と2月頃に盛期があり，10月以降は深みへしかも南日向灘へ移動するものと考えられる。

ハモの体長組成はFig. 6のようになり，漁獲物の肛門長範囲は11～66 cmで主として20～40 cmのものがその大部分をしめ，ピークは25 cm級に認められる。中型底びき網の漁獲物の体長範囲は16～49 cmでピークは25～26 cm級にあり（南海区底魚調査概要1951～1963），小型底びき網手繰2種の体長組成と類似した傾向を示している。

ii. エソ類 Synodontidae

エソ類にはオキエソ Trachioncephalus myops (Schneider) とマエソ Saurida undosquamis (Richardson)，ワニエソ Saurida tumbil (Bloch)，トカゲエソ Saurida elongata (Temminck et Schlegel) が含まれているが，オキエソ，ワニエソ，トカゲエソの漁獲量は少なく大部分はマエソとみてさしつかえない。マエソと同程度の大きさのワニエソとは外見上見分け難いので，市場でエソ標本として購入したものについて生態調査を実施した結果でも測定標本164尾のうち，マエソ146尾，ワニエソ18尾となっている。

1航海当り漁獲量の月別推移をFig. 5bに示した。1962年の6-9月には漁獲量は少なく，1，2月に漁獲量の増加がみられ，1963年は5-7月を谷として12-3月は多獲されている。ピークは両年とも1月に出現し，秋冬期に漁獲量が多い。この結果は，中型底びき網など隣接海域のマエソ漁獲量の推移についての報告（工藤・通山1967）により，11月を転期として豊後水道より外海域へマエソの移動が行なわれ，日向灘で秋冬

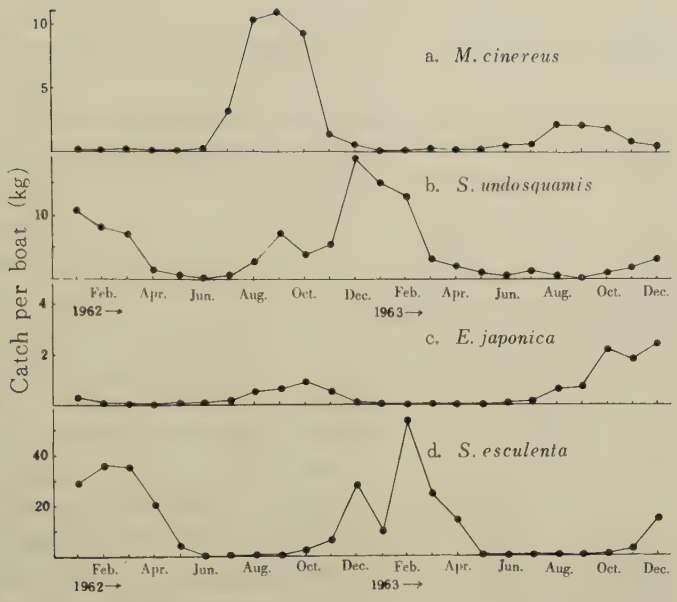


Fig. 5. Seasonal variation of catch per boat on four important species.

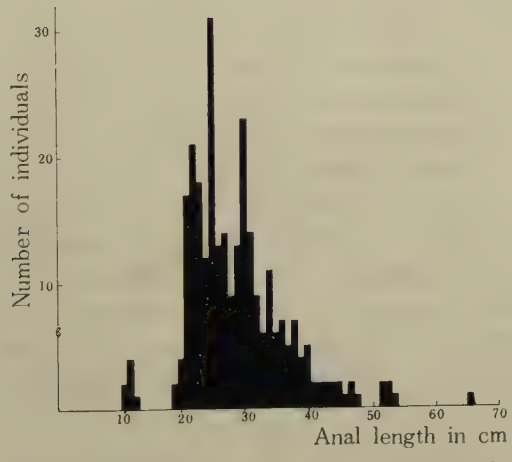


Fig. 6. Composition of anal length (measured from the tip of snout to anal opening) of *Muraenesox cinereus* (Forskal) by the catch of small trawl.

期に漁獲量の増加するものと推定したこととほぼ一致している。

iii. チダイ Evynnis japonica Tanaka

小型底びき網で漁獲されるチダイの大部分は当才魚と満1才魚であり，雑魚に含まれているチダイは幼魚期のもので市場価値の少ないものであるが，成長したものは銘柄魚（シバダイ）として取扱われている。

1962，1963年のチダイの1隻当り漁獲量の月別推移を Fig. 5c に示した。1962年は7月より漁獲量の増加傾向がみられ，10月にピークが出現している。1963年も7月より増加し，10-12月の漁獲量が多いことが認められる。雑魚組成で幼魚の混獲率をみると，1-3月は0.12%で少ないが4-6月になると3.40%で最も多く，7-9月は0.19%，10-12月には殆んど雑魚の中には出現していない。

日向灘産の本種の産卵期は10-12月と推定され（通山，1965），幼稚魚は12月頃より舟びき網，パッチ網で混獲されるが，小型底びき網に混獲されはじめるのは雑魚中に幼魚の混獲率の高くなる4-6月頃であり，この群の成長によってシバダイとして市場に水揚されるようになり，7月以降のシバダイ漁獲量の増加傾向に連なるものと考えられる。

Fig. 7 に1967，1968年に実施した体長測定結果を示した。幼魚の体長組成の月別推移には一連の成長過程がうかがわれ，両年とも10月の体長組成には11-12 cm 級にピークをもつ群が出現しているが，この群は沖合で操業する中型底びき網で10-12月頃漁獲されるチダイ当才魚の体長組成のピークの位置とほぼ一致し

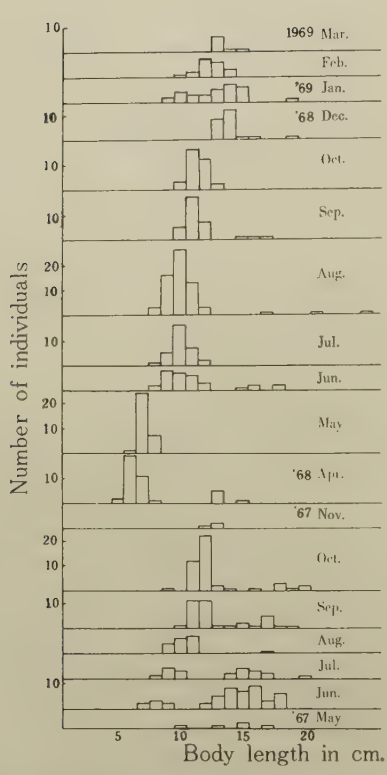


Fig. 7. Composition of body length of *Evynnis japonica* Tanaka by the catch of small trawl.

ており，発生後1年目のおよその平均的成長を現わしているものと推察される。チダイの成長については後日報告の予定である。

iV. コウイカ Sepia esculenta Hoyle

小型底びき網の漁獲物でイカ類とされた銘柄の中にはコウイカ，カミナリイカ，ヒメコウイカ，シリヤケイカ，シシイカなどが含まれているが大部分はコウイカと思われるので，ここではイカ類の漁獲量をコウイカとして取扱った。

コウイカの1962，1963年の1隻当り漁獲量の月別変化を Fig. 5d に示した。両年とも6－9月の夏季には殆んど漁獲されていない。10，11月頃より増加傾向を示すが漁獲量はまだ少なく12月頃より増大し，1962年は2，3月に，1963年は2月にピークを示し，4月以降は減少している。豊後水道，日向灘水域の中型底びき網で漁獲されるコウイカの漁況も本調査の結果と同様な傾向がみられる。1959-1962年の農林統計により隣接海域の月別漁獲量の4ケ年間平均値の推移を Fig. 8 に示したが，大分，愛媛の瀬戸内海側では5月と11-12月にピークが認められ5月の漁獲量が最も多くなっている。

コウイカの外套背長測定を12－3月の盛漁期に実施したので，その結果を雌について図示すると Fig. 9 のようになる。測定尾数が少ないので成長過程の推察は充分できないが，盛漁期の体長範囲は7～15 cm で，漁期後半になるにつれて大型のものが多く出現するようである。

コウイカについて従来報告された結果をみると，伊勢・三河湾では4月下旬～5月中旬が産卵盛期とされている（安田，1951）。富山（1957）は周防灘の本種の産卵盛期は4月中旬～5月下旬と推定され，体長の推移では5月に雌で13.0～13.5 cm まで，雄で15.0～15.5 cm に成長するとされている。延岡湾産も同様な生態を示すものとみると，盛漁期の群は産卵前期にあたるものと思われ，産卵期には漁場外に移動するものと考えられる。また，外海域と大分，愛媛の瀬戸内海域の盛漁期は時期的づれが認められることから，外海域と内海域との回遊が想像されるが，今後，生態調査や標識放流などの手段によって明らかにする必要があろう。

V. クマエビ Penaeus semisulcatus DE Haan

1隻当り漁獲量の月別変化を年次別に Fig. 10 に示した。各年とも漁獲量の月別推移の傾向はほぼ一定した様相がみられ，好漁をみた1963年，不漁に終った1969年においても漁期は4－6月と10-11月頃で，漁獲量のピークは5月（年により4月の場合もある）と11月に出現し，主漁期は10-11月にみられる。冬期（1－3月）と夏期（7－9月）の漁獲量は僅少である。

次に，日々の1隻当り漁獲量の推移を漁期別に検討し，移動，回遊状況について考察した（1962年の日々の1隻当り漁獲量の推移をクルマエビと共に Fig. 12 に示した）。

4－6月の漁況の推移　1962年は2～4 kg 程度の漁獲が4月6日～7月16日頃まで続き，7月17日以降は1 kg 以下の漁となっている。特に，5月14～18日に5～13 kg の漁獲が集中的にみとめられる。1963年は4月16～24日まで2.5～5 kg の好漁があり，5月中旬までほぼ2 kg 以上の漁が続き，5月下旬まではクルマエビよりクマエビの漁獲量が多い。1964年の4月はクルマエビと同程度の漁獲状況で1 kg 以下の漁

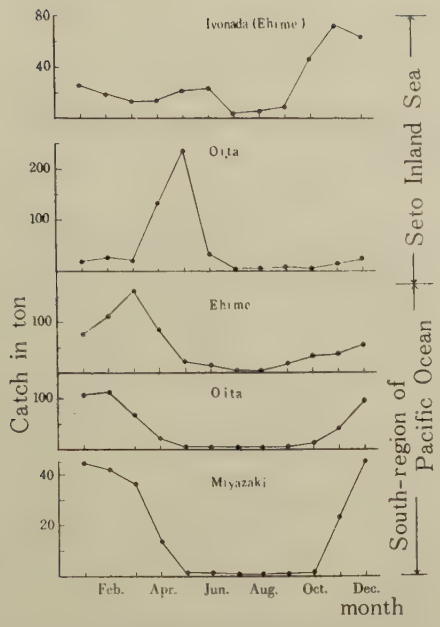


Fig. 8. Seasonal variation of catch of cuttle fishes on the adjacent area of NOBEOKA WAN (1958～1962)

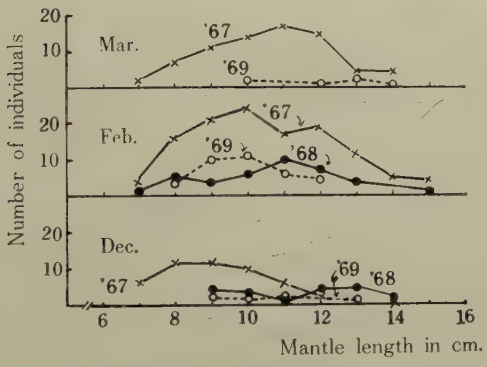


Fig. 9. Composition of mantle length of *Sepia esculenta* HOLYE.

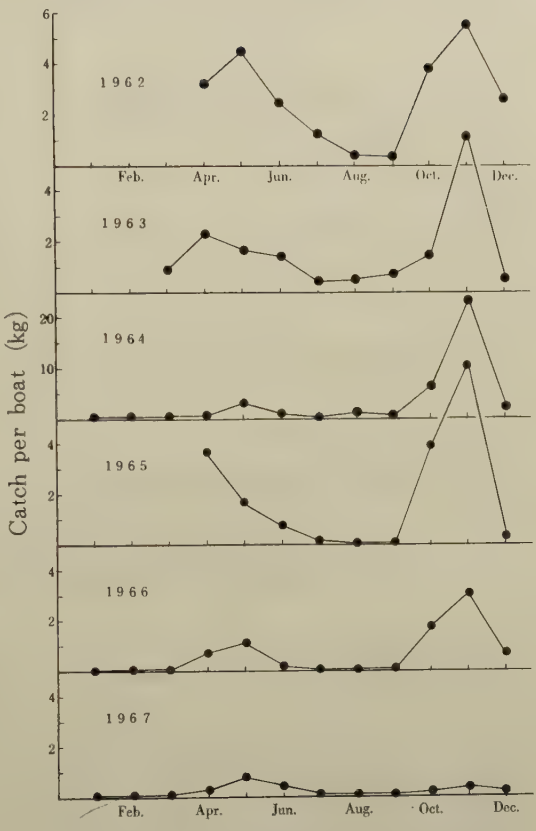


Fig. 10. Seasonal variation of catch per boat of *Penaeus semisulcatus* DE HANN.

を示したが，5月2日～8日にかけて3～7kg の好漁があり，その後は2kg 以下の漁で漸次減少し，5月下旬以降は クルマエビの漁獲量が 優先している。1967 年は 4 月 14 日～5 月 8 日頃まで 2～11 kg 程度の集中的な漁況を示したが，それ以後においては減少に転じ，5月下旬以降はクルマエビより少なくなっている。1968 年の 4～5 月は クルマエビ より漁獲量は 上廻っているが，集中的な 漁獲はみられず，2～3kg 漁獲した船が5月 15～21 日の間に 若干みられる 程度である。1969 年 4 月は 1kg 以下の漁でクルマエビより少なく，5月9日に 2～3kg の好漁をみたのみでその 後は 2kg 以下の漁況を示し，6月中旬以降は 0.5kg 以下に減少している。

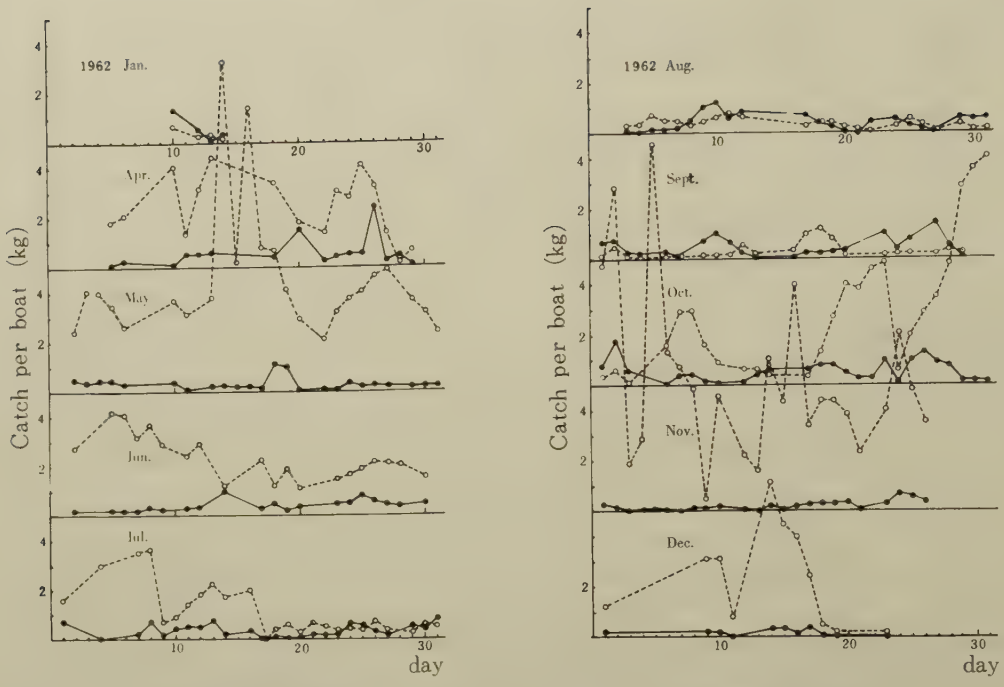


Fig. 12. Daily change of catch per boat of *Penaeus semisulcatus* De Hann (dotted line) and *P. japonicus* Bate (straight line).

10-11 月の漁況の推移　1962 年 10 月上，中旬に 2～5 kg 程度の漁がみえはじめ，10 月 29 日～11 月 5 日の間は 10～14 kg 程度の好漁が集中して続き，その後も 4 kg 前後の漁況がみられ，12 月に入り漁況は断続的となり中旬以降は減少している。1963 年は 9 月中旬に 1 時 2 kg 前後の漁があるのみでその後減少し，10 月下旬より 2 kg 以上の漁況が 11 月まで続いている。5 kg 以上の集中的漁況は 11 月 8～11 日，21～25 日に出現している。1964 年は 10 月中旬より 2 kg 以上の漁獲があり 11 月一杯好漁が続いた。特に，11 月 10 日前後の約 1 週間は 20～50 kg の漁獲があり，他の年の集中的漁獲よりも遙かに卓越した漁獲状況を示した。1967 年は 10 月 11～25 日まで 4 kg 以上の好漁があり 11 月 5～19 日に同じ 4 kg 以上 12 kg までの漁獲が集中的にみられ，11 月下旬以降は 0.5 kg 以下の漁となっている。1968 年は 10 月に入り 1 kg 前後の漁況ではじまり 10 月 28 日～11 月 9 日に 2 kg 以上 14 kg 程度の漁獲があり，中旬にやや減少し，下旬に 1～5 kg の漁が一時みられ，12 月には減少した。1969 年は 10 月 16～20 日に 0.5 kg 前後の漁があり，11 月 6-10 日に 0.5 kg 前後の漁獲があったのみで殆んど漁獲されなかった。

以上，4-6 月，10-11 月の漁況について述べたが，この両漁期に行なわれた頭胸甲長測定結果をみると Fig. 11 のようになり，5 月と 7 月の体長組成は 10，11 月のものより大きい方に分布している。また，10 月以降 11，12 月と成長過程を示唆するような体長組成の推移がみられるが，測定個体数が少ないので十分な検討はできない。

従来報告された知見をみると，八柳ら (1956) は周防灘産クマエビの産卵期は 6 月中旬から 9 月上旬まで，盛期は 6 月下旬から 8 月の間で，当年生稚エビは 8 月以降大量に出現し，稚エビはアマモ地帯で成育するが，成長に伴ない内湾でも深所に更に 9 月以降は湾外に，10 月以降は水深 20 m 附近まで移動するとされている。紀伊水道徳島県側のクマエビについては小竹ら (1958) によって報告され，稚エビの出現時期は 7-10 月にみられ稚エビはアマモ地帯に多く，成長するにつれ藻場を離れ，沖合への移動は 9 月中旬頃からで，その大きさは頭胸甲長 30 mm とされ八柳らと同様な結果が得られている。

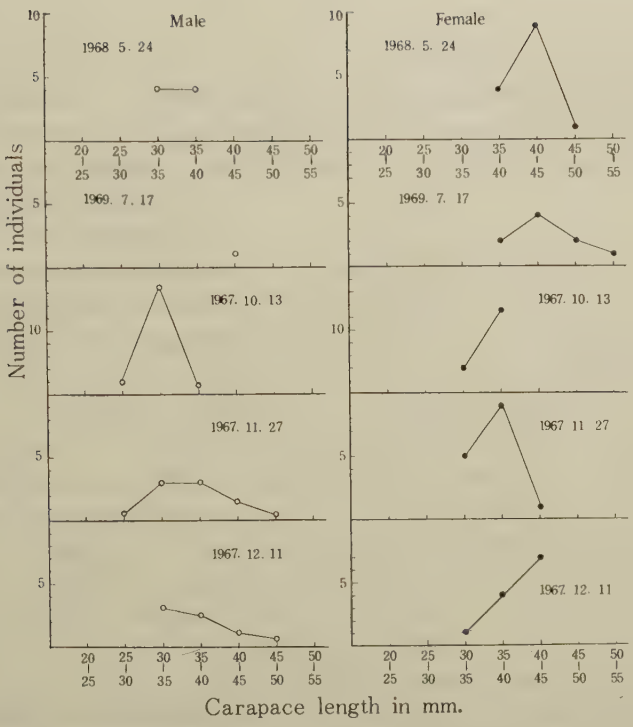


Fig. 11. Composition of carapace length of *Penaeus semisulcatus* De Hann.

従って，延岡湾で4-6月頃漁獲される個体は産卵のため来遊した親エビ群で，10-11月の漁期にみられる個体は当年生の若令群であろうと推定される。

産卵群，若令群の漁期中，日々の1隻当り漁獲量に集中した漁況が1～2回みられるが，同じく大型エビであるクルマエビの漁況推移には特に集中的に漁獲量が増加する傾向はみられず，これはクマエビの産卵群，若令群が漁場へ補給される場合に成群して来遊し，漁期中のある時期に集中的に移動する本種特有の性質をもつことが想像される。

クマエビの移動について幡手 (1963) は大分県臼杵湾のものについて報告し，10-11月の当年生エビは内湾で生育し，12月頃より深所へ移動しはじめるとされている。従来，湾内より湾外へ深浅移動することが明らかにされているが，延岡湾のように藻場の少ない海域で時期により集中的に漁獲される現象については，湾内↔湾外への深浅移動の他に，徳島水産駐在所 (1950) の報告で瀬戸内海より紀伊水道南部へ移動することが推察されているように，豊後水道域においても水道の北部から南部域への移動を次の点から想定される。

臼杵湾では若令群の月別漁獲量のピークが10月にあり延岡湾の場合よりも1ヶ月早目に出現していること。産卵群は6月にピークをもち，延岡湾の場合より1ヶ月ピークの出現時期がおくれていること。10月-1月は内海系寒水帯の水道内への張り出しの期間であること (能津 1963) など水温の低下にともないクマエビ群の南下移動が促進され，このため北部より急速に南下した群と延岡湾地先で成育した群によって10-11月の延岡湾周辺域での漁況が支えられているものと推察される。また，1月以降には10-11月に卓越した群は殆んど漁獲されず，砂中に潜入して漁獲対象となりにくいものか，沖合で操業する中型底びき網の漁獲物中にもみとめられないことから，その移動状況は不明である。4月頃延岡湾の底層水温18°C台の頃より漁獲されはじめ，4-5月にピークがみられるが，臼杵湾では6月にピークが出現することから，南部より

北上した群が漁獲されていることも考えられよう。

VI. クルマエビ Penaeus japonicus Bate

有明海では周年漁獲されるが盛期は8-10月(池末, 1963), 周防灘では6-10月が出現の盛期（前川, 1961)とされ, 延岡湾では周年漁獲されるが盛漁期は8-10月（宮崎沿指, 1970）とされている。筆者らが取纏めた月別1隻当り平均漁獲量の推移状況をFig. 13に示したが, 各年とも全般的に冬期の漁獲量は少なく, 4月頃より漁況は活発となり5月以降比較的高い水準で平衡的に推移し, 1963, 1964, 1968年の7月には一時漁況の低下をみたが, 8月以降は増大し9月には各年とも共通して漁獲量は最高値を示している。その後, 10月にやや減少, 11月以降は急に少なくなっている。従って, 延岡湾のクルマエビの主漁期は9月を中心とした8-10月頃と推定され, 宮崎県沿岸漁業指導所の報告と同様な結果が得られた。これらの結果より推測すると, クルマエビはクマエビに比較して, 移動は小さく, 成群性も弱い種とみられる。

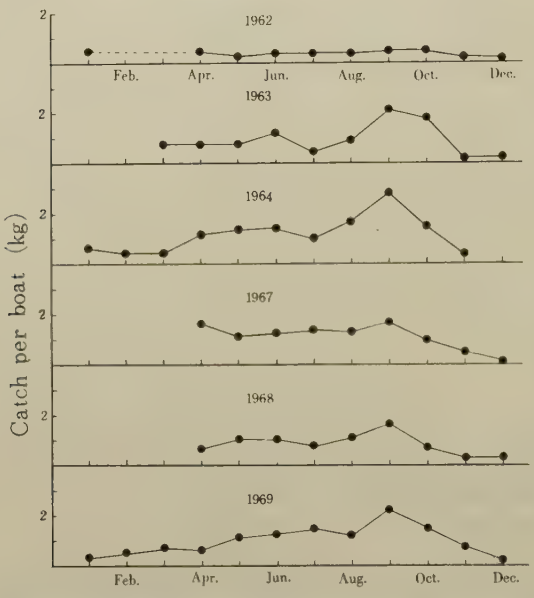


Fig. 13. Seasonal variation of catch per boat of *Penaeus japonicus* Bate.

要　　約

1962-1964年, 1967-1969年までの6ケ年間にわたり, 延岡市土々呂漁業協同組合に水揚された小型底びき網手繰2種漁業の漁獲物について各船毎の漁獲量統計, 航海数, 雑魚組成, 体長測定調査などを実施した資料に基づき, 漁獲物組成と重要魚種の漁獲量の季節変化について検討し, 次のような結果を得た。

(1), 年間総漁獲量に対するエビ類の占める漁獲比率の経年変化は1962年27.2%, 1963年32.4%, 1964年51.2%, 1967年50.7%, 1968年31.6%, 1969年29.0%となっている。これを年漁獲金額に対するエビ類の割合としてみると1964年が84.0%, 1967年77.9%, 1968年70.0%, 1969年72.7%で, エビ類は小型底びき網2種漁業の主要資源となっている。

(2), エビ類の月別混獲率は年により若干の相違がみられるが, 全般的にみると, 4-12月の期間は漁獲量の50%近くをエビ類でしめ, 1-3月の冬期には減少する傾向がみられる。魚類の漁獲量は7-9月に増大する（漁獲量の48～53%）が, 魚種によって季節変化の型は異なっている。イカ類（主としてコウイカ）は1-3月に漁獲量が最も多く55～56%をしめるが7-9月には著しく低下する。

(3), 雑魚組成の年計で混獲率1%以上の魚種23種を選び, 混獲率の季節別変化傾向を5つの型に類型化してFig. 3に示した。更に, これらの魚種を季節別に混獲率の高い順に配列し, 季節間の雑魚組成の相違を順位相関係数で示した。4-6月と7-9月の関係のみ相関が認められた。

(4), クマエビ, クルマエビの1隻当り漁獲量の年変化をみると, 両種とも1964年に好漁を示したが, クマエビは近年著しく減少し, 1969年は0.2kg程度に低下した。クルマエビは1968, 1969年とも0.7kg台の低い水準で平衡状態を示している。

(5), 漁獲量, 水揚金額で主要な位置をしめるハモ, エソ, チダイ, コウイカ, クマエビ, クルマエビの1隻当り漁獲量の月別変化と漁況および体長組成などについて検討した。

文　　献

1) 南西海区水研外海資源部，1970：南西海区ブロック会議外海資源・海洋分科会，底魚調査資料 No. 1.
2) 松原喜代松，1955：魚類の形態と検索，Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ，東京；石崎書店.
3) 新日本動物図鑑，1964：上・中・下，東京；北隆館.
4) 宮崎県水産課，1958：宮崎の水産.
5) ，1969：1968年宮崎県水産統計.
6) ——，1970：1969年宮崎県水産統計.
7) 宮崎農林統計調査事務所，1958-1970；宮崎農林水産統計年報.
8) 通山正弘・工藤晋二，1969：延岡湾の小型底びき網漁業について—1. その漁場環境，南西海区水研報告，No. 2.
9) 横田滝雄ほか，1963：太平洋南区の底魚資源について，南海区水研報告，No. 18.
10) 工藤晋二・通山正弘，1967：太平洋南区における底魚類漁獲量の季節変化，南海区水研報告，No. 25.
11) 南海区水研沿岸資源部，1951-1963：南海区底魚資源調査概要年報.
12) 通山正弘，1965：底魚類の産卵期について，第16回南海区ブロック会議資料.
13) 安田治三郎，1951：コウイカ *Sepia esculenta* Hoyle 生態の二・三について，日水誌，16 (8).
14) 富山　昭，1957：コウイカ *Sepia esculenta* Hoyle の生態，山口県内海水試研究業績，9 (1).
15) 愛媛農林統計調査事務所，1958-1964：愛媛農林水産統計年報.
16) 大分農林統計調査事務所，1958-1964：大分農林水産統計年報.
17) 八柳健郎・前川兼佑，1961：山口県瀬戸内海における重要生物の生態学的研究，第10報，瀬戸内海産クマエビ *Penaeus semisulcatus* DE Haan の生態，山口県内海水試研究業績，8 (1).
18) 小竹子之助・田原恒男，1958：エビ資源の減少について，徳島県水試事業報告，昭和29-32年度.
19) 幡手格一，1963：臼杵湾における〝クマエビ〟の漁獲高の変動と環境要因並びに一・二の生態について，大分県水試研究報告，No. 3.
20) 能津純治，1963：鰡資源調査（昭和35年度），大分県水試研究報告，No. 3.
21) 水産庁徳島水産駐在所，1950：紀伊水道におけるエビ漁業（プリント）
22) 池末　弥，1963：有明海におけるエビ・アミ類の生活，史生態に関する研究，西水研研究報告，No. 30.
23) 前川兼佑，1961：瀬戸内海，特に山口県沿海における漁業調整管理と資源培養に関する研究，山口県内海水試研究業績，11 (1)，157～159.
24) 宮崎県沿岸漁業指導所，1970：昭和44年度瀬戸内海栽培漁業実践漁場設定調査報告書.

日本南西海域における黒潮主軸の季節変動について*

坂　本　久　雄

THE SEASONAL VARIATION OF THE KUROSHIO AXIS OFF THE SOUTHERN COAST OF JAPAN

Hisao Sakamoto

The paper is dealt with the seasonal variation of the Kuroshio axis off the southern coast of Japan, based on the data of its location by month obtained during the year of 1933-1968. Some informations get in conclusion are as follows:

1) The path of its main axis is frequently occurred in the area within 65 miles from the coast. In the area off Shio-no-misaki, however, the most appearance of the path is conversely observed in the area of the outside of 65 miles from the coast.

2) The characters of the seasonal variation of the path show a tendency approached gradually towards the coast from spring to summer, and gone rapidly away from the coast from autumn to winter, particularly receded remarkably fast from late winter to spring, except in the area off Shio-no-misaki, of which the one is weak, and usually it is often observed in the area near 30 miles from the coast, when it presents within 65 miles from the coast.

3) The phenomena which it is receded far away more than 65 miles from the coast, is often observed from late winter to spring and few in autumn.

日本南西海域の黒潮流路の変動は，南西海区の海況変動の最も大きな指標であり，この海区における沿岸・沖合の漁場形成に大きな影響を与えている。したがって，黒潮流路の変動機構を解明し，その実態を把握することは，海況・漁場予報上欠くことの出来ない事である。

渡辺・城 (1969) は，黒潮流軸として 200 m 層 16°C 等温線を用い，屋久島付近から房総沖の間の海域について，12カ年間の四季別平均位置をもとめた。その結果，黒潮流軸線がその海域で春と夏に比べ，秋と冬の時期に接岸し，ことに秋の遠州灘以西海域で，最も接岸することを明らかにしている。

Table 1. The value of the isotherm at depth of 200 m indicative of the Kuroshio axis in watch-section (Kawai 1969)

Watch-section	Value of the isotherm (°C)
120° of Cape Toi Misaki	16.5
180° of Cape Ashizuri Misaki	16.5
180° of Cape Muroto Misaki	16.5
180° of Cape Shiono Misaki	16.0

Kawai (1969) は黒潮主軸の指標となる等温線の統計的推定を行ない，奄美大島沖から 152°E 間の5断面において，200 m 層における黒潮主軸指標等温線についての実用上の値を示した。

本報では，その 200 m 層指標等温線 (Table 1) をもとにして求め

* 昭和 46 年 2 月 1 日受理：南西海区水産研究所業績 25 号

た都井岬・足摺岬・室戸岬・潮岬のそれぞれの沖合における月別の黒潮主軸位置（川合：未公表）から，黒潮流軸の季節による離接岸変動について検討し，2・3の知見を得たので報告する。

本文に入るに先だち，未発表資料の使用について承諾を頂いた川合英夫技官（日本海区水産研究所・海洋部・第一研究室室長）に深謝の意を表します。また，本報をまとめるに当って御指導下さった宮田和夫室長ならびに御助言・校閲を頂いた杉本仁弥海洋部長・永田樹三室長に感謝の意を表します。

1. 用いた資料

本報で用いた資料は，1933-1968年のものであり，その月別の資料数はTable 2に示すとおりである（川

Table 2. The numbers of data by month used to estimate for the Kuroshio axis in 1933-1968.

Position \ Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
off Cape Toi Misaki	8	19	16	10	14	12	14	16	8	14	13	9	153
off Cape Ashizuri Misaki	14	26	22	16	23	12	16	23	10	17	19	19	217
off Cape Muroto Misaki	5	14	15	11	15	10	13	19	7	14	14	11	148
off Cape Shiono Misaki	14	20	21	16	23	15	16	24	11	24	18	15	217

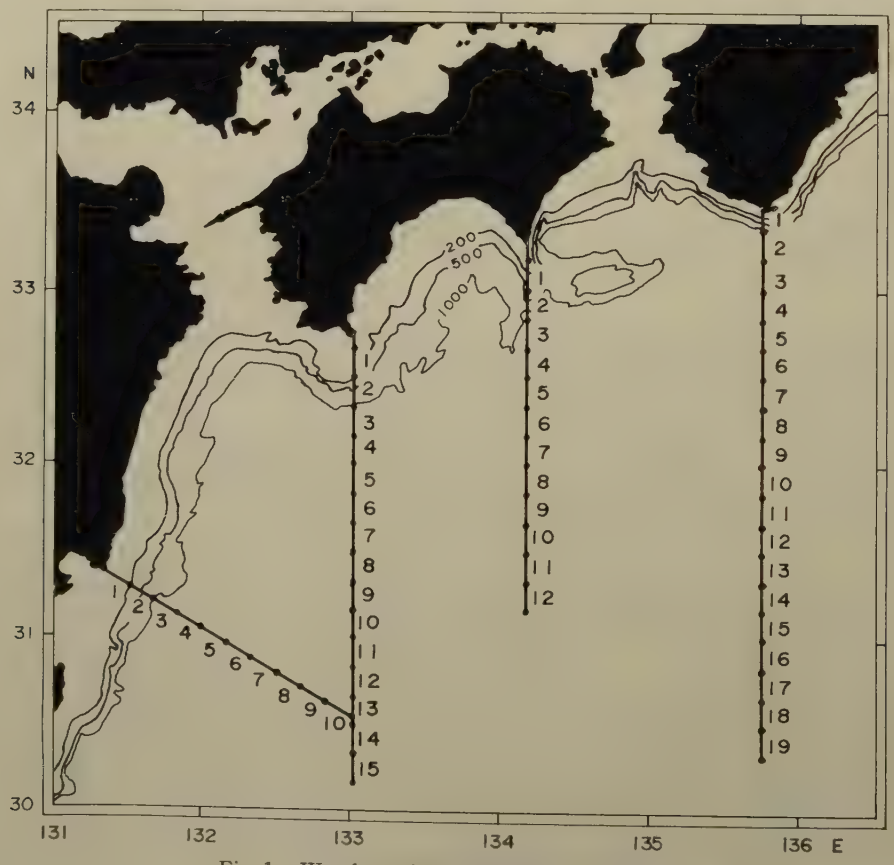


Fig. 1. Watch-section and its code numbers.

合：未発表による)。

本報の黒潮主軸位置の表示は，都井岬 120° 方向，足摺岬・室戸岬・潮岬の各岬沖 180° 方向の各線について，それぞれ緯度 10 分毎に区切り，岸側から 200 m 以深の海を含む区間を No 1. として，順次沖合に番号を付し，200 m 層指標等温線が入る区間番号（本報ではコード No. と呼ぶ）によって表示した (Fig. 1)。したがって，黒潮主軸はコード No. が小さい程接岸し，大きい程離岸していることになるが，その距岸距離は 200 m 等深線の位置が各岬沖で異なるため，同一番号であっても各岬沖で相違する。またコード No. 2 より沖合の区間は 10 海里の巾をもつが，最も岸側の No. 1 における区間の実際の巾は各岬沖で 5 海里より小さくなっている (Table 3)。

Table 3. The discription of the code number off each cape.

Watch-section	120° of cape Toi Misaki	180° of cape Ashizuri Misaki	180° of cape Muroto Misaki	180° of cape Shiono Misaki
Width of area deeper than the 200 m depth in No. 1 (mile)*	0.1	0.5	3.9	4.6
Distance to the centre of No. 2 (mile)*	13.9	18.2	19.3	10.9
Distance of the isobath of 1000 m depth (mile)**	18.5	23.8	20.5	5.5

* by chart No. 108 (Japan Safty Agency)
** by chart No. 6078 (Japan Safty Agency)

2. 都井・足摺・室戸・潮岬沖の黒潮主軸の区間別出現状況

1933-1968 年間の資料全体を通じて，各区間における黒潮主軸の出現頻度を，全観測数に対する百分率で示すと，Fig. 2 のようになる。

Fig. 2 から最も岸寄りのコード No. 1 の位置では，各岬沖とも主軸の現われる割合は非常に少ない。また，各岬沖において最も多く主軸の現われる位置は，都井岬沖でコード No. 3, 足摺岬沖でコード No. 2, 室戸岬沖でコード No. 3, 潮岬沖ではコード No. 2 となっている。これらのコードの中心の距岸距離は，それぞれ，約 24, 18, 29, 11 海里である。

黒潮の摩擦深度について，エクマンの与えた式

$D = 600V_0$

D： 摩擦深度 (cm)
V_0： 表層流速 (cm/s)

から $V_0 = 1.8$ m/s として概算すると，D は 1080 m となる。

各岬沖の海図からもとめた 1000 m 深の距岸距離を Table 3 に示したが，その値は黒潮主軸の最多出現位置の距岸距離と近似している。すなわち，この海域の黒潮主軸は吹送流の大洋での西岸強化により，その流線が海深 1000 m 付近の海域に集中している場合の多いことを示唆するものである。

また，都井・足摺・室戸岬沖で，主軸がコード No. 6 より岸側に現われる割合は，全体の 80% 以上を占めている。このことは，黒潮の西岸強化を主体とする離接岸変動が，コード No. 6 の位置より岸側において行なわれているものとみられる。また，それよりも沖合へ離岸した場合の黒潮流路の変動は，気象などの影響による一時的な特異現象（大離岸現象）と考えられる。潮岬沖の主軸位置の出現頻度分布は，都井・足摺・室戸岬の状況と異なり，コード No. 6-7 付近（距岸距離：50-60 海里）を谷として，岸側と沖側に分離した形での 2 つの山がみられる。しかし，コード No. 6 より岸側に現われる割合は，全体の約 65% であって，他の岬沖と同じように岸側に出現する割合が多くなっている。すなわち，No. 6 より岸側の海域における変動は，他の岬と同様の機構によるものとみられるが，沖側にみられる山は，遠州灘沖大冷水塊の存在と，それにともなう黒潮の蛇行現象が生じていることを意味している。

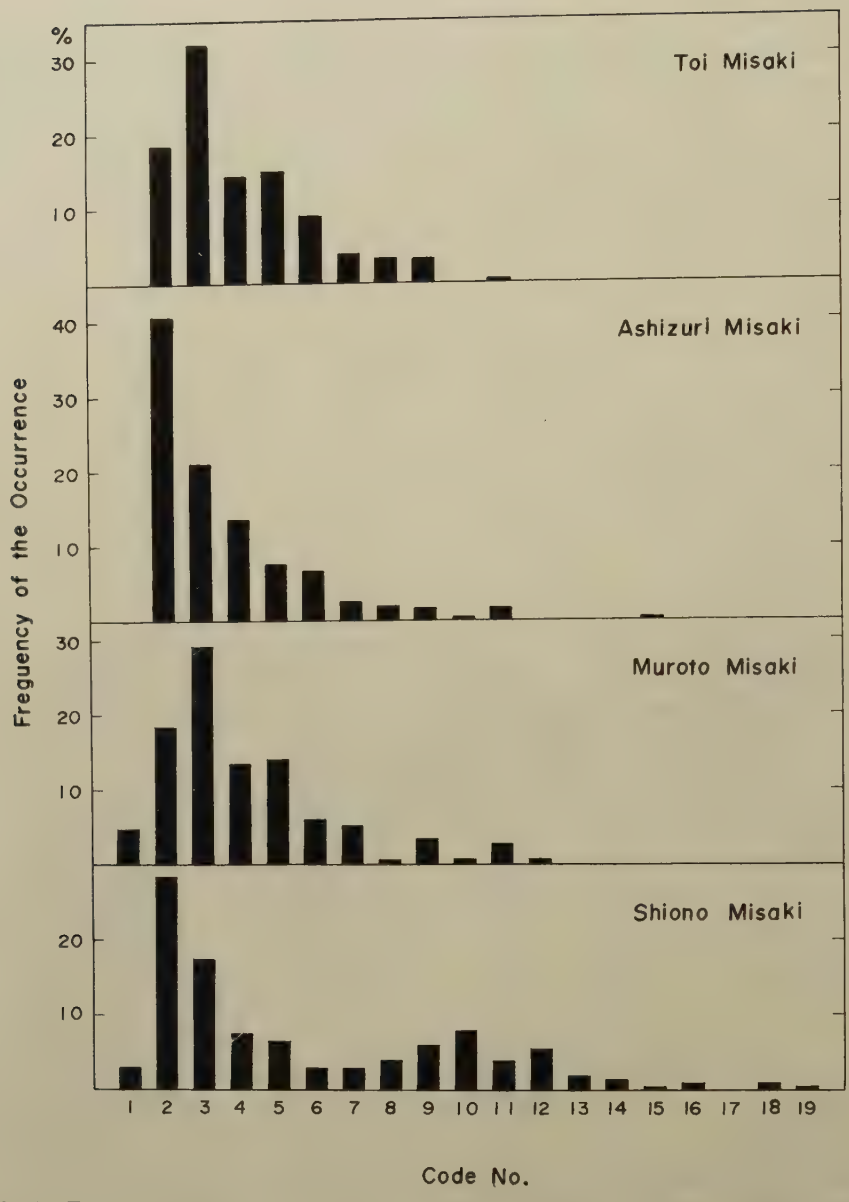


Fig. 2. Frequency of the occurrence of the Kuroshio axis off each cape by code number.

3. 都井・足摺・室戸・潮岬沖における黒潮主軸の季節変動

Fig. 3 は各岬沖の黒潮主軸の月別平均位置を示したものである。なお潮岬沖海域では，前述のとおり，黒潮主軸位置の出現頻度は，明らかに岸側と沖合で2つの山をもち，それぞれ独立した形で離接岸変動をしているとみられるので，コード No. 6 より岸側とコード No. 7 より沖側のものとに分け，前者を接岸時，後者を離岸時として平均位置を求めた。

Fig. 3 から都井・足摺・室戸岬沖における黒潮主軸は，冬から春にかけて離岸し，その後秋から冬に接岸

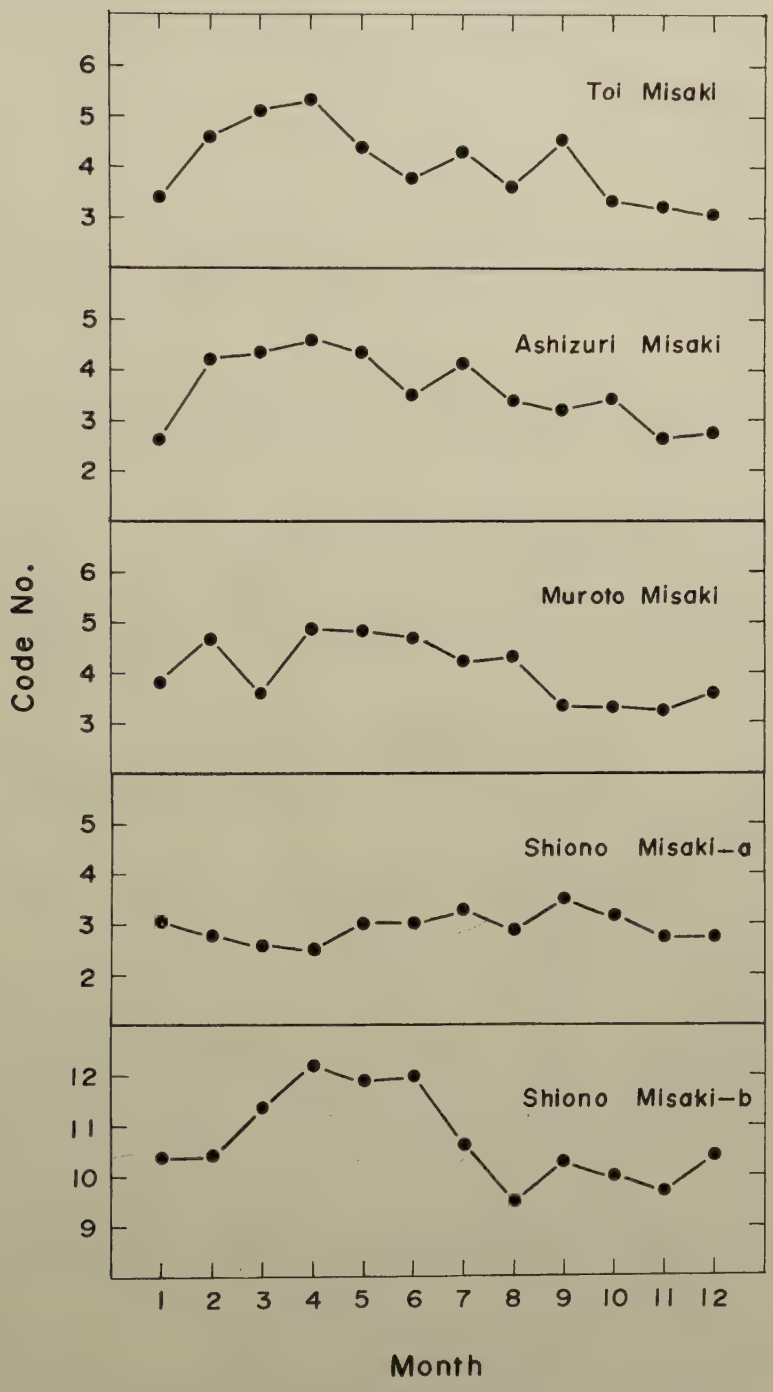


Fig. 3. Monthly mean position of the Kuroshio axis off each cape (Shiono Misaki-a: Nos. 1-6; Shiono Misaki-b: Nos. 7-19).

する傾向がみられる。夏を中心とする時期には，小規模な離接岸変動をしながらゆるやかに接岸するのに対して，冬の後半では急速に離岸する傾向が示されている。潮岬沖の接岸時における黒潮主軸の変動は，コードNo. 3 付近に定在し，その季節的変化は他の岬沖に比し極めて少ない。しかし，離岸時においては，他の岬沖での主軸の季節変化と相似し，春季に離岸し，秋季に接岸する傾向が示されている。

潮岬沖の接岸時を除き，都井・足摺・室戸岬沖および潮岬沖の離岸時にみられる主軸の季節による変動は，前述の渡辺・城（1969）による結果とほぼ一致している。

日本近辺の気象は，冬季には西高東低の気圧配置となり，北西の風が卓越する。また冬季から初春においては，通常春一番と呼ばれる暴風をともなう顕著な温帯低気圧が発生する。夏季には南高北低の気圧配置となり，南または南東の風が卓越する。そして，ときおりは熱帯低気圧（台風）のしゅう来をみる。したがって，日本の南西海域の季節風は，冬季北西風の場合は岸から沖合いに向い，夏季南東風の場合は沖合から岸に向うことになる。

都井・足摺・室戸岬沖の黒潮主軸は，季節風が岸から沖合に向けて吹く冬季には離岸傾向にあり，沖合から岸に向けて吹く夏季には接岸傾向にある。換言すれば，黒潮の季節による離接岸変動は，季節風の連吹・盛衰等と密接な関連があることがうかがえる。とくに，冬季の気象と黒潮の離接岸変動との関連は大きいようである。

潮岬沖の接岸時における主軸平均位置には，季節による変動はほとんどみられないが，これはこの場合の黒潮は，季節風等の外部からの影響が少ないことを示唆するものと解釈されよう。一方，離岸時における変動は，都井・足摺・室戸岬の場合と同じ傾向であり，かつその傾向は顕著にあらわれる。この場合は，遠州灘沖に大きな冷水塊が発生している時と考えられることから，ここでみられる主軸の季節変動は，季節風の影響が黒潮の離接岸および冷水塊の移動・盛衰となってあらわれたものと推察する。

4. 大離岸現象の出現にみられる季節変動

黒潮主軸がコードNo. 7 より沖側に現われる場合を，主軸の大離岸現象とし，月別の頻度をその月の総資料に対する百分率で示したのがFig. 4 である。

Fig. 4 から都井・足摺・室戸岬沖における黒潮主軸の大離岸現象の出現は，晩冬から春季にかけて多く，秋季に少ない。そして，夏季は減少傾向にあり，冬季は増加傾向を示す。潮岬沖では，冬季と8月に多く，秋季は増加傾向を示し，春季から初夏にかけては減少傾向を示す。

Moriyasu (1961) は，4つの実例により，九州南東沖の冬季（2-3月）の黒潮主軸の大離岸現象は，冬季季節風の吹き方が岸側で強く，沖側で弱い場合に起ることを指適した。本報では，都井岬沖の黒潮主軸が晩冬から春季に大離岸現象が多く現われるという結果が得られ，晩冬の現象は，Moriyasu (1961) の指適するように季節風と直接に結びつけて考えられる。また，春季の現象については，冬季季節風の連吹が黒潮に小さな乱れを与え，その乱れが蓄積されて春季になって大離岸現象として現われるものと考えられる。

足摺・室戸岬沖の大離岸現象は，都井岬付近において起った黒潮主軸の蛇行の東方波及（吉田：1961，南西水研：1969）によるものと考えられるが，都井 — 室戸岬沖間でみられる出現期はほぼ同一時期であり，東方波及によって生ずる出現期の遅れは検証出来なかった。しかし，これはここで用いた資料が，各岬間において時間的に連続して得られたものでなく，不連続であるために見かけ上このような形になったものである。

本報では，黒潮の離接岸変動は季節風と密接な関連にあることが考察されたが，今後は気象に関する資料を収集・整理し，それによって両者の関連を検証・究明する必要がある。

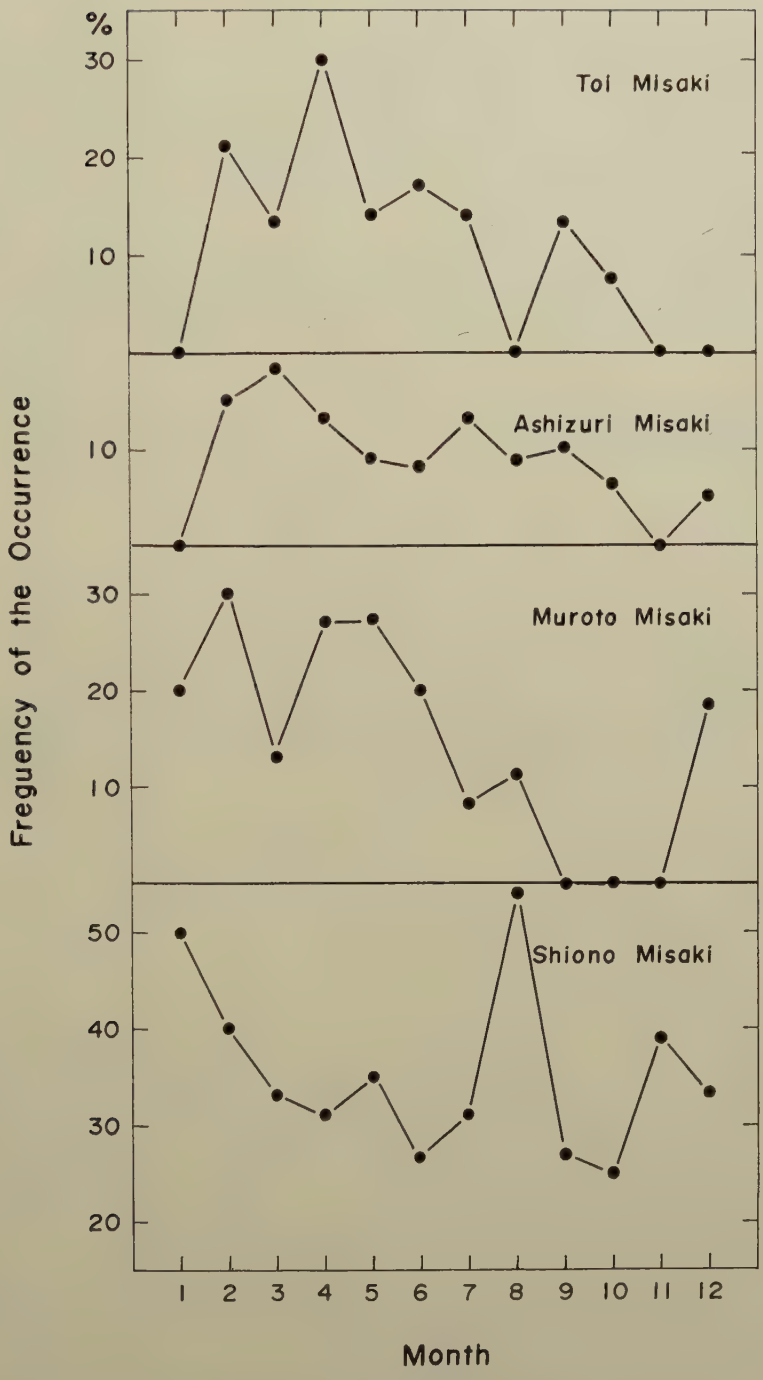


Fig. 4. Monthly frequency of the occurrence in the year, which the Kuroshio axis moved greatly offshore.

要　　約

1933-1968年間において得られた月別の黒潮主軸位置をもとに，都井・足摺・室戸・潮岬の各岬沖海域における黒潮主軸の季節変動について，次の知見を得た。

1. 日本南西海域の黒潮主軸の流路は，コード No. 6（距岸約65海里）以内の海域に多く出現する。潮岬沖ではコード No. 6-7（距岸50-60海里）付近を境とし，岸側と沖側に2つの山がみられ，その出現の割合は岸側のものが多い。

2. 黒潮主軸の月別平均位置にみられる季節変動は，都井・足摺・室戸岬沖で春季に離岸し，秋季に接岸する。そして夏季は離岸から接岸へとゆるやかに移行し，冬季は接岸から離岸へと移行するが，とくに冬季の後半においてその傾向は顕著となっている。潮岬沖の接岸時（コード No. 6 より岸側）では，季節による離接岸変動はほとんどみられない。しかし，離岸時（コード No. 7 より沖側）には他の岬沖とほぼ同じ傾向を示す。

3. 黒潮主軸の大離岸現象の出現は，都井・足摺・室戸岬沖では，晩冬から春季にかけて多く，秋季に少ない。潮岬沖では冬季と8月に多い。

文　　献

1) Kawai, H. 1969: Statistical estimation of isotherms indicative of the Kuroshio axis. Deep-Sea Res. Oceano. Abs. 16, 109-115

2) Moriyasu, S. 1961: On the influence of the monsoon on the oceanographic conditions. J. Oceano. Soc. Jap. 17 (2) 14-19

3) 渡辺貫太郎・城松幸，1969：本州南岸沖における黒潮流軸の平均位置，神海気彙報，(181) 7-21

4) 吉田昭三，1961：遠州灘沖冷水塊と黒潮の変動について（その1），水路要報，(67) 54-57

5) 南西海区水産研究所，1969：南西海区漁場海況概報1月-5月，第13-15号（号外2部を含む）

目　　次

阪口　清次

海産貝類に寄生する幼条虫について……1

山口　義昭・阪口　清次・後藤　幹夫

海産底棲魚類に寄生する線虫に関する研究—I

広島湾北西沿岸域における分布と成虫の形態……9

松里　寿彦

海産魚類にみられた骨異常について—I

広島県沿岸産の骨異常魚……17

石岡　宏子

クルマエビ人工種苗の生理生態に関する研究……59

海産貝類に寄生する幼条虫について

阪　口　清　次

A Larval Tapeworm, *Tylocephalum*, in Marine Molluscan Shellfishes

Seiji Sakaguchi

The distribution in Japan, its morphology and preliminary experimental infection to final host were studied on the larval tapeworm in marine molluscan shellfishes.

1. This parasite has never been reported previously from marine molluscan shellfishes in Japan. It was found that many kinds of bivalve and gastropoda collected in several places of Japanese coast were parasitized by encysted larval tapeworms through the investigations from 1969 to 1972. In recent years, parasitism of tapeworms has been in progress conspicuously in warm water regions such as Tanabe bay.

2. The specimens of the parasite collected from many shellfishes were observed morphologically and compared with several species of larval tapeworm reported by other authors.

Morphological observations proved that the parasite belongs to genus *Tylocephalum*.

3. It was cleared that the natural pearl oysters were infected with the parasite at a higher rate than the cultured ones and numbers of the parasite per host shell in the former were also greater than those in the latter,

4. Several kinds of fishes and sharks as known to be the feeders of natural molluscan hosts of the worm were artificially infected with the encysted larvae in pearl oyster.

The juvenile flukes were found from shark, *Heterodontus japonicus*, in experiment. They emerged from the cysts in stomach of host within 24 hours, then, migrated to valvular intestine within 7 days after administration. They everted the globular scolex and were remarkably active in motion, but the formation of segments and genital organs were not yet observable. On the other hand, in other fishes and sharks used at experiment, inactive flukes were found in stomach within 24 hours after administration and they were digested and discharged from the anus within 2 days.

Thus, it can be said that the shark, *Heterodontus japonicus*, may be a spieces of final hosts of this larval tapeworm.

和歌山県田辺湾産の天然棲息の貝類における内部寄生虫の観察を実施したところ，アコヤガイおよび多くの貝類の中腸腺域におびただしい数の被嚢体の寄生が発見された。

本被嚢体は一種の条虫の幼生であって，セイロン海域のセイロンシンジュガイ *Margaritifera vulgaris* には古から知られ[1)]，また，最近ではハワイのアメリカガキ *Crassostrea virginica* などの二枚貝で見出さ

1973年2月26日受理　南西海区水産研究所業績33号

れているが[2), 3)]，本邦産の貝類では未報告のものである。

貝類における病害発現の有無については明らかではないが，おびただしい数の被嚢体を見ると真珠生産のばあいには品質の面にたいして悪影響が予想され，また，Sparks[2)]は，罹病したアメリカガキでは健康状態がいずれも非常に劣っていると述べていることから考えると，本種が繁殖，まん延することは今後の貝類養殖にさいしてその病害性が大きな問題となることが予想される。

ここでは，本虫の貝類における感染状況，虫体の形態ならびに予備的な感染実験などについて報告する。

稿を草するにあたり，終始御指導を賜わった保科利一博士ならびに有意義な助言と校閲を賜わった淡水区水産研究所水質病理部長藤谷超博士深謝する。

Ⅰ．貝類における感染状態ならびに虫体の形態

材料と方法

供試材料は1969年1月から1972年1月までに三重県，和歌山県，広島県などの各地から採集した養殖および天然棲息のアコヤガイならびに天然棲息の貝類である。

虫体の寄生数算定に当っては，供試貝の貝殻を除去し，軟体部を適当な細片として二枚のカバーグラスで圧扁し数えた。また，軟体部の細片を適当量の海水とともに10分間ホモジナイザーで粉砕し，遠心分離した後に上澄液を棄て，沈澱物を顕微鏡下で計数する方法も併せ実施した。

虫体の諸器官の観察は主として生体標本あるいは Neutral red による生体染色標本について，また，宿主の組織とともに Schaudinn または Davidson 液で固定し，パラフィン法で切片を作り，Ehrlich ヘマトキシリン－エオジン染色を行なったものについても実施した。

虫体の大きさは宿主の組織から被嚢体をとりはずし，被嚢から虫体を摘出し直ちに30％アルコールを滴下して麻酔と前固定を行ない，アルコール酢酸液（アルコール95cc，氷酢酸5 cc）で固定した後にスライドグラスにのせ，材料の両端に厚さ0.2 ㎜のカバーグラスの細片を置き，その上に静かにカバーグラスをのせ計測した。

結　果

1．貝類における寄生部位および感染状況

本虫はアコヤガイの中腸腺域に厚い繊維性の被嚢に包まれた状態で見出される(Fig. 1)。

同一宿主に寄生している被嚢体はほぼ球形であるが，その大きさにはかなりの変異がみられ，122μ×98μ～488μ×438μ（n＝200）の範囲のものが観察された。被嚢の大きさと虫体の体長との関係は Fig. 2 にみられるとおりであり，両者の間には明らかな相関関係がみられ，大きな被嚢の中には大形の虫体が包含されている。

天然棲息のアコヤガイにおける貝の大きさと虫体の寄生尾数との関係を Fig. 3 に示したが，虫体の寄生数は貝の重量と相関がみられ，宿主としての貝が大きい程その寄生数が多くなる傾向が認められる。

和歌山県，三重県，および広島県などの海域で採集した天然棲息の貝類における本虫の感染状況を Table 1. に示した。これらの貝類は田辺湾では潮間帯域より水深約10mまでの海底から潜水夫によって，広島湾屋代島および岩国沖では貝けた網で，英虞湾，的矢湾および宿毛湾では潮間帯域から磯採集によってそれぞれ採集したものである。本虫は暖海域と考えられる特定の海域ではほとんどの貝類に発見されたが，とくに潮間帯域に棲息するイシダタミ *Monodonta labio*，オニサザエ *Chicoreus asianus*，イボニシ *Thais clavigera* などの巻貝およびこれらよりやや深所に棲息するハバウギ *Pinna* (*Cyrtopinna*) *attenuata*，アコヤガイ *Pinctada fucata*，ウミギク *Spondylus barbatut* マガキ *Crassostrea gigas* などの二枚貝において感染率ならびに寄生数が多く認められた。なお，田辺湾では本調査のほか3回の採集を実施したが，マガキガイ *Conomurex luhuanus*，シドロガイ *Doxander vittatus japonicus*，カリガネエガイ *Barbata* (*Savignyarca*) *virescens obtusoides* ではいずれのばあいも本虫による感染はみられなかった。

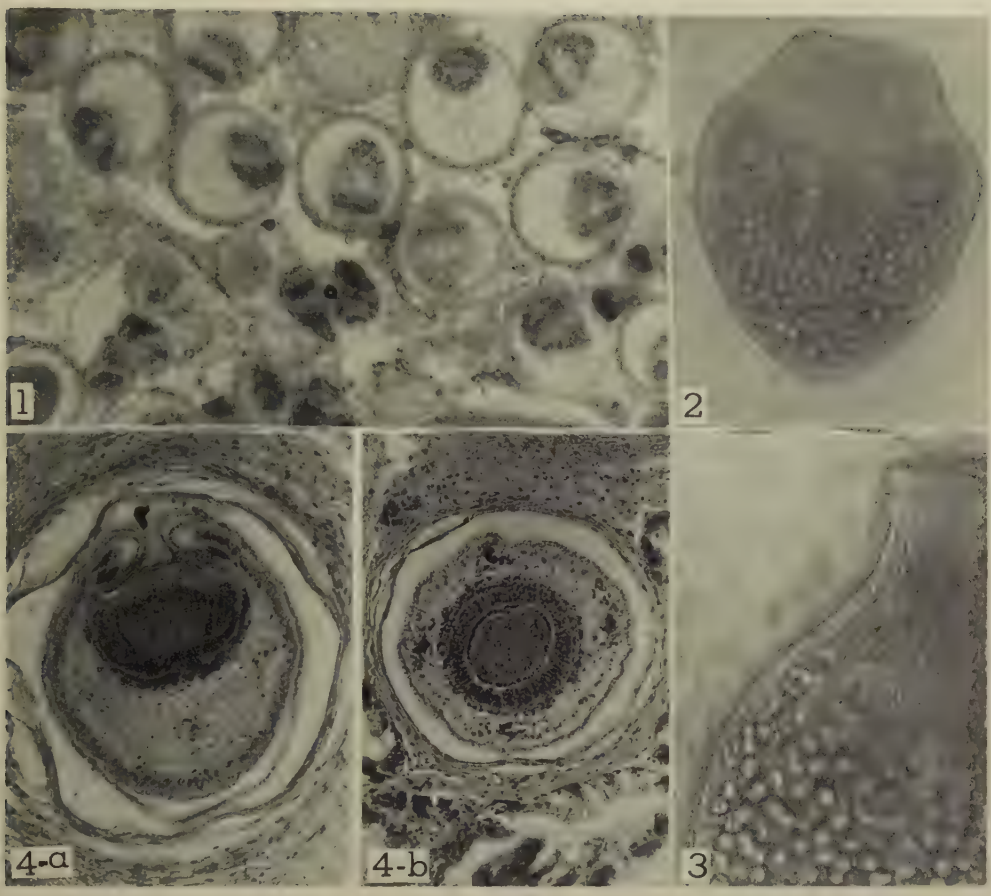


Fig. 1. The tapeworm larva in pearl oyster.
1. Encysted larvae observed in hepatopancreas of host shell. Free parasites are induced from cysts under pressure of coverglass (pressed living specimens).
2. A larva forcibly induced from the cyst (pressed living specimen).
3. A ciliated larva found on gill surface of host shell (pressed living specimen).
4. Histological specimen of a larva in hepatopancreas of host shell (fixed specimen).
   4—a. Longitudinal section of worm.
   4—b. Transverse section throuth portion of myzorhnchus.

さらに，三重県，和歌山県，および愛媛県の異なる海域で養殖されていたアコヤガイについて感染状況を調べたが（Table 2.），いずれの地域においても本虫による感染貝が多少ともみられる傾向がある。

また，養殖および天然のアコヤガイにおける感染状況を比較するため，1970年7月28日に田辺湾白浜地先で養殖されていた3年生貝と，同海域で採集した天然アコヤガイのうち20～30g級のものをこれに対応するとして選び出し寄生数をくらべた。前者では1貝あたりの分布巾は1～21尾（n＝30貝），後者では66～203尾（n＝6貝）を示したことから，天然アコヤガイの方が中層垂下形式をとっている養殖アコヤガイよりも本虫の寄生数が多い傾向が明らかにみられる。

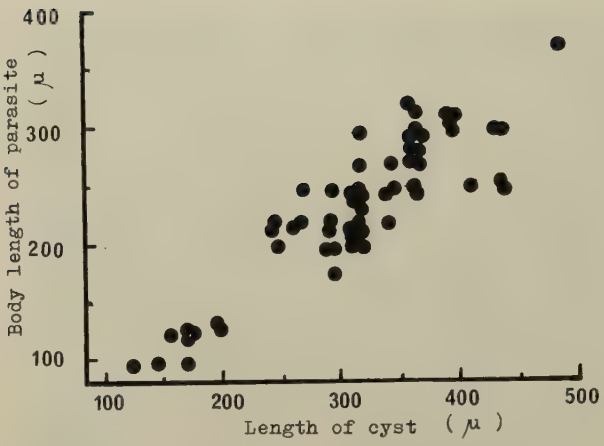


Fig. 2 Relation between body length of the parasite and size of its cyst length.

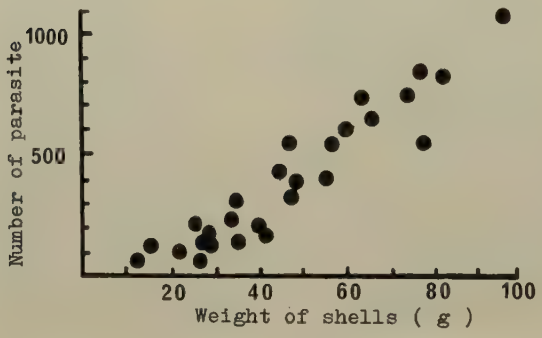


Fig. 3 Relation between numbers of the parasite and weight of pearl oyster as the host.

なお，最近における本虫の寄生数の増加について検討するために，さきに著者が田辺湾産の天然アコヤガイにおける *Bucephalus* 吸虫の研究[4]に用いたプレパラートを材料として観察した。アコヤガイ1貝について中腸腺域のプレパラート1枚あて取り出し，顕微鏡下で無作為に10視野を検鏡し，これを異なる5～7貝について調べ，1視野（2.5㎜²）あたりの平均の寄生数として表わしその経年変化を示したのがTable 3. である。

1962年には本虫による寄生は全くみられなかったが，1967年には2.5㎜²あたり0.4尾平均の寄生がみられ，その3年後には8.9尾となりほぼ20倍の寄生尾数を示すまでに増加している。

2. 虫体の形態

虫体は宿主の繊維性の結合組織でほぼ球状に形成された被嚢に包まれている。被嚢から取り出した虫体は体を伸縮させ活動する。宿主の組織から被嚢体を取り出し，被嚢を除いた虫体をただちに麻酔，固定した虫体の大きさは体長97.6μ×体巾73.2μ～体長366.0μ×体巾244.0μ（$n=106$）であった。

内部諸器官の観察を容易にするために0.2㎜の厚さになるようにカバーグラスで軽く圧した生標本ならびに切片標本によって本種の形態を述べる。

虫体は前方がわずかにふくらんだ卵形で，体の前方には突出した外縁部があり，その先端は内転して腔所を形成し陥入している。陥入部にはよく発達した腺細胞群と多数の筋繊維群とで構成されている Myzorhnchus が開口している。体柔組織内には強く光線を屈折する球形または楕円形を呈する石灰小体が全域に分布している。

なお，Cheng[3]によって明らかにされた繊毛幼生も宿主の鰓および消化管の中で発見された。Fig. 1-3にみられるように，幼生は体表に10～15μの長さの繊毛をもつ上皮でおおわれ，Myzorynchus は被嚢幼生にくらべて発達が遅れているが，このことは宿主への侵入の初期過程にあることを示唆している。

上記の形態的特徴から，本種は既報[1),2),3)]の条虫の幼生 *Tylocephalum* と同種であると考えられる。

Table 1. Incidens of the parasite on molluscan shellfishes in nature.

Locality	Species name	Items	Date of collection	Number of shells examined	Number of shells infected	Rate of infection (%)	Infected situation *
Wakayama pref.	Tanabe Bay	イシダタミ *Monodonta labio*	1970. 7. 28	16	16	100	++
		マガキガイ *Conomurex luhuanus*	〃	8	0	0	−
		シドロガイ *Doxander vittatus japonicus*	〃	12	0	0	−
		オニサザエ *Chicoreus asianus*	〃	15	15	100	++
		カリガネエガイ *Barbata (Savignyarca) virescens obtusoides*	〃	15	0	0	−
		イボニシ *Thais clavigera*	〃	193	193	100	++
		ムラサキイガイ *Mytilus edulis*	〃	456	52	11.4	+
		ハバウギ *Pinna (Cyrtopinna) attenuata*	〃	10	10	100	++
		アコヤガイ *Pinctada fucata*	〃	50	50	100	++
		ヒオウギ *Chamys (Mimachlamys) nobilis*	〃	25	5	20.0	+
		ウミギク *Spondylus barbatus*	〃	22	22	100	++
		マガキ *Crassostrea gigas*	〃	35	35	100	+
Mie pref.	Matoya Bay	アコヤガイ *Pinctada fucata*	1970. 9. 8	50	4	8.0	+
	Ago Bay	スガイ *Lunella coronata coreensis*	1970. 10. 30	7	0	0	−
		クボガイ *Chlorostoma lischkei*	〃	18	0	0	−
		オニサザエ *Chicoreus asianus*	〃	16	0	0	−
		ハバウギ *Pinna (Cyrtopinna) attenuata*	〃	12	0	0	−
		アコヤガイ *Pinctada fucata*	〃	55	0	0	−
		ヒオウギ *Chamys (Mimachlamys) nobilis*	〃	19	0	0	−
Kochi pref.	Sukumo Bay	イシダタミ *Monodonta labio*	1971. 12. 17	15	10	66.6	+
		スガイ *Lunella cornata coreensis*	〃	21	15	71.4	+
Hiroshima pref.	Hiroshima Bay (Coast of Itukushima)	イシダタミ *Monodonta labio*	1971. 11. 19	33	0	0	−
		スガイ *Lunella coronata coreensis*	〃	15	0	0	−
		イボニシ *Thais clavigera*	〃	10	0	0	−
		ムラサキイガイ *Mytilus edulis*	〃	23	0	0	−
		アコヤガイ *Pinctada fucata*	〃	7	0	0	−
		アサリ *Tapes (Amygdala) japonica*	〃	26	0	0	−
		マガキ *Crassostea gigas*	〃	35	0	0	−
		トリガイ *Fulvia mutica*	1971. 12. 10	11	0	0	−
Yamaguchi pref.	Hiroshima Bay (Coast of Yashiro-jima)	ナガニシ *Fusinus perplexus*	1972. 1. 27	6	0	0	−
		アカニシ *Rapana thomasiana*	〃	5	0	0	−
		ムラサキイガイ *Mytilus edulis*	〃	15	0	0	−
		イタボガキ *Ostrea denselamellosa*	〃	13	0	0	−
		スダレガイ *Paphia euglypta*	〃	7	0	0	−
		アカガイ *Anadara (Scaphara) broughtonii*	〃	15	0	0	−
		トリガイ *Fulvia mutica*	〃	12	0	0	−
		タイラギ *Atrina (Servatrina) pectinata*	〃	5	0	0	−
		マガキ *Crassostrea gigas*	〃	16	0	0	−

* ++ Seriously infected
\+ Lightly infected
− Non infection

Table 2. Incidence of the parasite on cultured pearl oyster.

Locality	Items	Age of shell	Date of collection	Number of shells examined	Number of shells infected	Rate of infection (%)	Number of parasite observed
Mie pref.	Hamajima	4	1969. 8. 11	45	0	0	—
	Koura	3	〃 11. 12	25	0	0	—
	Nayaura	4	〃 1. 21	15	0	0	—
	Kowaura	4	〃 10. 12	30	30	100	6～32
Wakayama pref.	Tanabe	4	1969. 3. 4	50	50	100	2～24
	Shirahama	3	1970. 7. 28	30	30	100	1～21
Ehime pref.	Kitanada	2	1969. 12. 15	40	4	10. 0	1～5
	Zyohen	2	〃 5. 18	25	5	20. 0	1～4

Table 3. Annual changes of the parasite numbers observed in hepatopancreas of natural pearl oysters at Tanabe bay.

Date of collection / Items	Number of shells examined	Average number of parasite in a certain area of microscope (2.5㎜²)
1962. 12. 6	5	0
1967. 8. 10	7	0. 4±0. 3
1970. 12. 2	6	8. 9±2. 4

Ⅱ. 最終宿主への人工感染（予備実験）

本種の最終宿主は一般に板鰓類が想定されており，これらの被嚢幼生をサメ類に経口投与することで感染させる試みは以前からみられたが成功するに至っていない。

著者も板鰓類および貝類を捕食する硬骨魚類を最終宿主と想定して，まず入手可能だったドチザメ *Triakis scyllia*, アカエイ *Dasyatis akajei*, およびクロダイ *Acanthopagrus schlegelii*, イシダイ *Oplegnathus fasciatus* などを用いて感染実験を行なったが目的の成虫は得られなかった。その後，貝類を自然海域で捕食する食性をもつネコザメ *Heterodontus japonicus* が入手できたので感染実験を試みたところ，僅か1回の機会，しかも短期日の飼育実験であったが，目的とする幼体が得られ，ネコザメは最終宿主の一種となる可能性があると考えられるに至った。

材料と方法

1972年1月30日に三重県度会郡五ケ所湾口の定置網で採集したネコザメ（体長51㎝，体重4. 2kg）を捕獲後本虫の寄生の全くないことを確認した貝肉を与えて15日間飼育し，虫体の自然感染の経路を途絶えさせた。被嚢幼生の投与にあたっては，アコヤガイの中腸腺部に寄生しているものをそのまま適当な細片として内径12㎜のガラス管製のカテーテルの中に入れ，これをウレタンで麻酔した供試魚の胃の中へ挿入し，ピストン式に送り込んだ。2月14日ならびに20日にそれぞれ7個の罹病アコヤガイの中腸腺部を投与し，2月21日に解剖した。解剖日は投与日から数えて24時間ならびに7日後にあたる。実験水温は22. 0℃であった。予備的実験であったので被嚢幼生の正確な数は数えなかったが，顕微鏡下での概算の把握ならびに貝の大きさからして（Fig. 3 参照），それぞれ推定5,000尾の被嚢幼生を投与したと考えられる。

結　果

解剖の結果，宿主の胃および螺旋腸から多くの幼体が得られた。胃の中では，被嚢に包まれたままのも

Fig. 4 Juvenile fluke found in valvular intestine of shark, *Heterodontus japonicus*, 7 days after administration.

の，または被嚢から脱出後間もないと思われる幼体が認められ，これらは前日投与した被嚢幼生の群と考えられた。螺旋腸および結腸からの虫体は，体の前端において陥入していた頭節を反転し，宿主の腸内残渣物に包まれて活発な伸縮運動をしている状態で発見された。頭節の先端には突出した部分がみられ，それに続いて円形に近い楕円の頭節があり，頸部と思われる筋肉性のよく発達した部分を基部として円筒形の長い体がそれに続いている。この頭節は被嚢幼生時代の Myzorhnchus が反転突出したものであり，これが真の頭節である。成虫においてみられる前頭節は先端の突出した部分が発達し形成されるものと思われる。石灰小体の分布ならびに諸器官の形態は被嚢幼生のそれらと一致しており，ここに得られた幼体は人為的に投与した被嚢幼生に由来することは間違いないと考えられた。しかし，体節ならびに生殖器官などの発達はいまだ全くみられなかった。

ネコザメ以外の板鰓類および硬骨魚類への感染実験の結果では，投与した幼生は1日後には宿主の胃から腸までの部位で被嚢から脱出した状態で発見されるが，運動性はきわめて弱々しく，2日後以降では宿主の消化管から全く認められなくなることから，本実験で7日後の解剖で活発に運動している多くの幼体が得られたことは，ネコザメは本種の最終宿主となり得る可能性を示唆していると思われる。

考　察

本条虫および近縁種の幼生の二枚貝への寄生の発見は古く，セイロンシンジュガイなどでは天然真珠形成の原因としてこれらの寄生が論議された。最近では，ハワイやカルフォルニヤにおいて，アメリカガキ，アサリ *Tapes semidecussata*，ミルクイ *Tresus nuttali* などの二枚貝から発見されたが，Cheng [3]はアメリカガキは本虫の自然海域における中間宿主とはなり得ないだろうと述べている。著者も本種をまず田辺湾のアコヤガイに見出したが，比較的大形の二枚貝では最終宿主に捕食される機会は少ないだろうとの考えのもとに，小型の二枚貝および巻貝について本種を探索した結果，ほとんどの底棲二枚貝および巻貝にその寄生を認めた。最終宿主は板鰓類のうち貝類を捕食するサメ類が想定されることから，自然海域における中間宿主は比較的小型の多くの種類の二枚貝および巻貝がその主体を占めていると言えよう。

Sparks[2] も以前のハワイでは本種の寄生は認められていなかったことから移入種としての貝類が本種の宿主として利用されたのではないかと述べているが，本邦産の貝類への寄生についても同様に最近に至り移入され繁殖した種と考えられる。

種の同定については感染実験を実施し成虫を得て決定したいと考え，貝類を捕食する板鰓類を想定して人工感染を試み，7日後の活発に運動する幼体を得て，ネコザメが最終宿主としての一種となり得ることを示唆したが，その後充分な実験の機会にめぐまれず成熟虫体を得るまでには至らなかった。この点については今後の研究の進展により解決されるものと期待される。

要　　約

海産貝類に寄生する条虫の幼生について，本邦産の貝類における寄生状態，虫体の形態ならびに予備的な感染実験を実施した。

1. 本種は本邦においては未報告のものであるが，調査の結果，本邦産の多くの二枚貝および巻貝に見出

された。なお，暖海性の海域では急激に繁殖した傾向がみられる。

2. 多くの貝類から得られた本虫の形態を観察した結果，*Tylocephalum* に属する条虫の幼生であることが明らかになった。

3. アコヤガイでは天然貝において養殖貝よりも寄生率および寄生数が多くみられた。

4. 天然棲息の貝類を捕食する魚類および板鰓類について人工感染実験を実施した結果，ネコザメから目的の幼体が得られた。被嚢幼生は24時間以内に宿主の胃で被嚢から脱出し，7日以内に螺旋腸へ移行する。虫体は頭節を反転し，活発に運動するが，体節や生殖器官の発達はまだ全く観察されなかった。一方，ネコザメ以外で実験した魚類や板鰓類では，24時間以内では本虫は見出されるが活力は弱々しく，その後は生存し得ないことから考えると，7日後においても活発に運動する虫体が得られたネコザメは本虫の最終宿主の一種になり得る可能性をもつと考えられた。

参　考　文　献

1) Jameson, H. L. 1912. Studies on pearl-oysters and pearls. I. The structure of the shell and pearls of the Ceylon pearl-oyster (*Margaritifera vulgaris* Schumacher) with an examination of the cestode theory of pearl-production. Proc. Zool. Soc. London, 260-358.

2) Sparks, A. K. 1963. Infection of *Crassostrea virginica* (Gmelin) from Hawaii with a larval tapeworm, *Tylocephalum*. J. Insect Path., 5 : 284-288.

3) Cheng, T. C. 1966. The coracidium of the cestode *Tylocephalum* and the migration and fate of this parasite in the American oyster, *Crassostrea virginica*. Trans. Am. Microsc. Soc., 85 : 246-255.

4) 阪口清次，1968. アコヤガイに寄生する吸虫の生活史ならびにその病害について，国立真珠研報13：1636-1688.

海産底棲魚類に寄生する線虫に関する研究-I

広島湾北西沿岸域における分布と成虫の形態

山口義昭・阪口清次・後藤幹夫

Studies on a Nematode, *Philometra*, in the Marine Benthic fishes-I. Distribution in the Northwest Areas of Hiroshima Bay Morphological Observations on the Adult Fluke.

Yoshiaki Yamaguchi, Seiji Sakaguchi and Mikio Goto

A species of nematoda from the benthic fishes, *Rhinogobius pflaumi* and *Chaeturichys sciitius* was collected by small trawling around the northren areas of the Hiroshima bay. The distribuiton and morphology about this parasite were studied, and the results are summarized as follows;

1. The gravid worms were mostly obtained from the capsules formed in subcutaneus tissues of operculum, snout and around eye of the host fish.
2. Their appearance in subcutaneus tissue of the host changed seasonally and showed high rate remarkably during the peried from August to September and not during the period of other months.
3. The distribution of the infected fish appeared at high rate, in 41.7% on August in 1972, around the coastal area of Ōtake district.
4. The gravid worms from the capsule of the host fish are ranged 4.9-18.3mm in length and 0.9-1.4mm in width. The body is cylindrically shaped and each extremities is round. The cuticle is smooth on the surface and the mouth has not any papillae. The nerve-ring situates behind the anterior bulbous part of oesophagus. The oesophageal gland confines to wall of the posterior cylindrical part of oesophagus. The uterus occupy the greater part of the body cavity. The cylindrical, reflexed ovaries are continuous at each end of the uterus.

The larvae are filariform, and ranged 360-460μ in length and 13-17μ in width. The anus situates at approximatly 1/3 of body length from the posterior end.

From these observations, the present specimen could be identical with *Philometra mariae* Layman, 1930, which had been detected from the fin of *Protopsetta herzensteini* and *Limanda schrenki* and the ovary of *Sebastodes schlegelii* in Peter the Great Bay,

広島湾の北西沿岸域で小型底びき網の試験操業を行なった際に，漁獲物の中に線虫を含んだ包嚢の付着がみられたスジハゼ *Rhinogobius pflaumi*，コモチジャコ*Chaeturichys sciistius* などが多く見出された。包嚢から取り出した線虫の形態を調べた結果，*Philometra* に属する種であることが明らかとなった。

包嚢は宿主の表皮下に赤褐色の隆起した瘤塊として認められるので，これら魚類のほかの底棲魚類にもこの種が寄生し繁殖すると，商品としての価値が著しく低下することは明らかである。

魚類から得られた *Philometra* については多くの記載があるが[1),2)]，生態についての報告は少なく，生活史に関して感染実験が試みられているのはいずれも淡水産種である[3),4),5)]。海産種については，マコガレ

1973年2月26日受理　南西海区水産研究所業績34号

イ *Limanda yokohamae* における包嚢の付着[6]，ならびにブリ *Seriola quinqeuradiata* に寄生する近縁種の体外への脱出現象および中間宿主への仔虫感染実験などの報告が[7),8)]見られるに過ぎない。

著者らは，この海産線虫の生態を明らかにするために，まず，スジハゼを材料として，罹病魚の分布，包嚢の宿主における出現部位とその季節的消長ならびに成虫の形態などを研究した。

稿を草するにあたり，指導と校閲を賜わった保科利一博士ならびに淡水区水産研究所水質病理部長藤谷超博士に深謝する。

材料および方法

1971年6月から1972年12月まで，広島湾北西海域の山口県岩国市から広島県大竹市に至る沿岸域で手繰第2種漁業のエビ漕網で採集したスジハゼを研究材料とした。1回の操業時間は約1時間で，ひき網距離は1.5～2.0kmである。採集した材料は直ちに約20%のホルマリン液で固定したが，必要に応じて生きたまま運搬し屋内のガラス水槽内で飼育し観察した。

虫体の諸器官の観察は，主として生標本について行なったが，固定標本についてはラクトフエノールで透化して検鏡した。虫体の大きさは，宿主の包嚢から取り出し，直ちに30%アルコールを滴下して麻酔と前固定を行ない，アルコール酢酸液で固定した上で未圧扁の状態で測定した。諸器官の大きさは上記の処理を行なった虫体をスライドグラスにのせ，材料の両端に厚さ0.2mmのカバーグラスの細片をおき，その上に静かにカバーグラスをのせ圧扁し計測した。

結　果

Fig. 1 A fish, *Rhinogobius pflaumi*, infected with the encapusulated worm, *Philometra mariae*.
1. An encapsulated worm infected in subcutaneus tissue of host fish.
2. A gravid worm emerged from its capsule.

1. 包嚢の観察と宿主における出現部位

包嚢は球形ないし長球形で，2.5～10.5mm × 2.0～9.5mmの大きさを有し，宿主の表皮下に血球を混じた貯溜液を充満した隆起部としてみられる (Fig.1)

虫体は，この包嚢の中で，折れ曲った状態でゆっくりと絶え間なく蛇状運動をしているが，コイル状に体を巻いた状態で観察されるものもしばしばみられた。

虫体をとり出すために包嚢の隆起部を切開すると，淡い赤褐色を呈する血球を含む透明な液が流出し，隆起部は縮少する。とり出した虫体は，子宮内に充満する仔虫ならびに消化管内物質によって外観的には濃い赤褐色を呈する。

子宮内の仔虫の発達が完全でない時期の成虫は，包嚢からとり出し海水中に入れると活発に蛇状運動を行なうが，

子宮内の仔虫が充分発達した成虫は，包嚢からとり出すと同時に体壁が裂開して腸管と子宮を体外に脱出させ，軟泥状の仔虫塊を盛んに放出する。

包嚢の魚体の表皮下への出現は，仔虫を体外へ放出するための現象で，後述するように外見上の観察による包嚢の体表への出現には明らかな季節的消長がある。

包嚢の出現が多くみられた1971年9月13日～14日に採集した罹病魚（n＝266尾）について，包嚢の出現部位の頻度をとりまとめたのが Table 1. である。

Table 1. Distribution of the encapsulated worm in portion of the body of infected samples. (n＝266)

Portion of body \ Items		Number of the encapsulated worm	Rate of infection (%)
Head	Snout	78	18.9
	Around eye	119	28.9
	Occiput	0	0
	Operculum	163	39.6
	Juglar	0	0
Trunk	Pectoral fin and its base	36	8.7
	Ventral fin and its base	0	0
	First dorsal fin and its base	7	1.7
	Dorsal part	0	0
	Ventral part	5	1.2
Tail	Second dorsal fin and its base	0	0
	Anal fiin and its base	3	0.7
	Base of caudal fin	1	0.2
		Total 412	(100)

包嚢の出現部位は明らかに宿主の頭部に多く，とくに鰓蓋部，眼球周辺および顎下付近に集中している。軀幹部および尾部への出現は少ない。包嚢が眼球に接している場合には，眼窩内に蓄積した滲出物あるいは寄生虫そのものによって，宿主の皮膚および眼球が外方に圧出され，眼球の突出を示すことが多い。

宿主1尾に寄生する包嚢は，調査した266尾の罹病魚に412個，1尾当り平均1.6個であったが最高5個の寄生がみられたものもあった。また，包嚢1個には通常1尾の虫体が包含まれているが，まれに2尾がコイル状にからみ合っている例も観察された。

2. 包嚢出現の季節的消長

採集したスジハゼについて，調査期間中の総尾数および罹病魚数および感染率を各地点毎にとりまとめたのが Table 2. である。このうち，全期間ほぼ連続して操業された地点として，沿岸域の1, 2, および3, を選び，この3地点で採集してスジハゼ全数のうちに占める罹病魚の割合を月毎に図示したのが Fig. 2 である。

包嚢の宿主への出現には明らかな季節的消長がみられる。すなわち，両年を通じて7月以前は包嚢の出現は全く認められないが，次第に増加し，8～9月に最高の寄生率を示すようになる。その後，減少し11月以降には再び寄生が認められなくなる。この寄生率の減少は，成熟虫体からの仔虫の脱出にともなう包嚢および母虫の消滅によるものである。仔虫が完全に放出されると母虫は白変し，頭部の一部を包嚢中に残し，体部は脱落する。やがて包嚢の隆起は消失し，寄生部位の炎症も治癒するに至る。

Table 2. Results of investigations on the incidence of the encapsulated worm on the fish from the coastal areas along Ōtake district in Hiroshima bay.

Number of fish collected	(Number of fish infected)
Rate of infection (%)	

Sampling place \ Date collected	1971 6. 25	9. 2-14	10. 26	12. 10	1972 3. 28-29	5. 25-26	6. 12	7. 14	8. 15-16	9. 7	10. 12-13	11. 15-16
1	—	228(29) 12.7	97(0) 0	7(0) 0	161(0) 0	103 (0) 0	40(0) 0	115(4) 3.5	161(27) 16.8	222(20) 9.0	—	100(0) 0
2	—	255(89) 34.9	92(0) 0	4(0) 0	83(0) 0	74(0) 0	148(1) 0.7	104(4) 3.8	139(58) 41.7	—	300(9) 3.0	15(0) 0
3	13(0) 0	571(138) 24.2	148(1) 0.7	—	308(0) 0	—	—	154(1) 0.6	151(12) 8.0	13(0) 0	84(5) 6.0	233(2) 0.9
4	—	254(21) 8.3	—	24(0) 0	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	349(97) 27.8	—	—	—	45(0) 0	—	—	—	—	—	—
6	24(0) 0	218(64) 29.4	57(3) 5.3	3(0) 0	—	—	—	—	29(19) 14.7	—	—	—
7	—	151(13) 8.6	85(5) 5.9	5(0) 0	63(0) 0	—	—	—	—	—	66(1) 1.5	250(4) 1.6
8	59(0) 0	226(65) 28.8	46(0) 0	51(0) 0	103(0) 0	15(0) 0	40(1) 2.5	20(0) 0	72(0) 0	—	10(1) 10.0	—
Subtotal(1～3)	13(0) 0	1054(256) 24.3	337(1) 0.3	11(0) 0	552(0) 0	177(0) 0	188(1) 0.5	373(9) 2.4	451(97) 21.5	235(20) 8.5	384(14) 3.6	448(2) 0.4
Total	96(0) 0	2252(516) 22.9	525(9) 1.7	94(0) 0	718(0) 0	237(0) 0	228(2) 0.9	393(9) 2.3	650(116) 17.8	235(20) 8.5	450(16) 3.6	698(6) 0.9

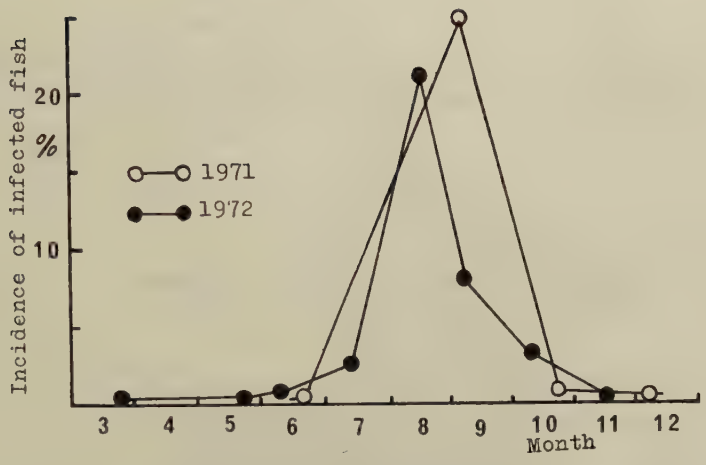


Fig. 2 Seasonal changes on the incidence of the encapsulated worm appeared in subcutaneus tissues of the host fish, *Rhinogobius pflaumi*.

3. 罹病魚の沿岸域における分布

罹病魚の出現率が高く，また，同一時期の操業を各地点について多く行なった1971年9月の試料について，採集地点別の罹病魚の出現分布を Fig. 3 に示した。

これによれば，大竹市の沿岸にとくに多く，この海域を中心として，陸岸の両方向および沖合へ向って次第に減少している傾向が明らかに認められる。とくに1972年8月における1網では寄生率は最高を示し，41.7%にも及んだ。

4. 虫体の形態

包嚢中にみられる虫体はすべて雌である。体は円筒形で，頭端と尾端は鈍円を呈する。

包嚢からとり出し，直ちに麻酔固定した未圧扁標本（n＝10）の大きさは体長9.87mm（4.9～18.3mm），体巾1.29mm（0.9～1.4mm）であった。

体表面は平滑で頭部および尾部に乳頭突起は認められない。

頭部を正面からみると一辺約0.1mmの三叉状の口とその囲りに隆起した球状を呈する0.387×0.313mm（0.34～0.44mm×0.26～0.39mm）の食道前端膨隆部が存在する。

内部諸器官の観察を容易にするため，厚さ0.2mmに圧扁した上記の標本は，体長11.9mm（6.0～22.0mm），体巾1.5mm（1.2～1.7mm）となったが，以上，これらの標本によって形態と諸器官の大きさをのべる。

食道は球状の膨隆部と細長い円筒状部からなっている。口は食道前端膨隆部の中央部を縦走し，円筒状部を経て腸に連なる。食道の長さは1.31×0.13mm（1.10～1.65mm×0.10～0.16mm）で頭端から0.35～0.40mmのところに神経環が位置する。食道の円筒状部の中央部付近にはやや膨大した食道腺が発達している。食道の末端は腸内に突出している。腸は巾広く，体腔内を後方に向って直走する。腸の起始部での巾は0.9～1.2mmであるが，尾端に行くに従って狭くなり，尾端から0.3～0.4mm付近で内腔を失ない索状の付属突起となって終る。肛門は認められない。

子宮は体腔の殆んどを占める程巾広い薄壁の盲嚢で，体腔内を前後に縦走する。前方へは食道前端膨隆部付近まで，後方へは体腔の後端近くまで達する。子宮内には発育段階の異なる卵，あるいは仔虫を充満している。卵巣は子宮の前後に一対あり，それぞれ折れ曲った状態で位置する。頭部にある卵巣は0.65×0.08mm（0.55～0.80mm×0.60～1.00mm）で，尾部にある卵巣は0.58×0.09mm（0.55～0.65×0.07～0.12mm）であっ

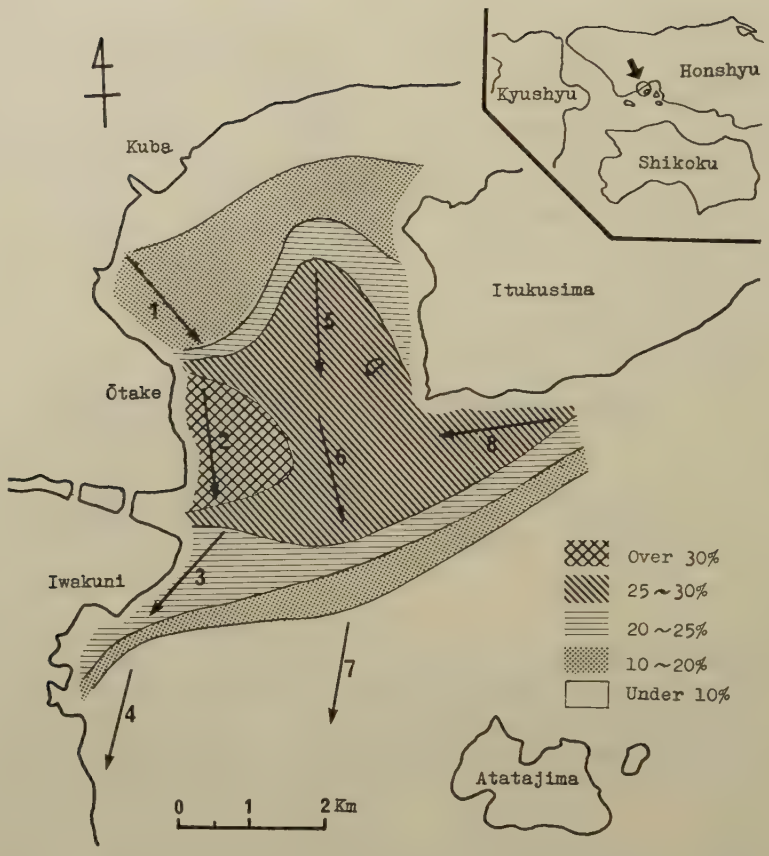


Fig. 3 Showing the sampling places (⟶) and distribution of the fish infected with the encapsulated worms.

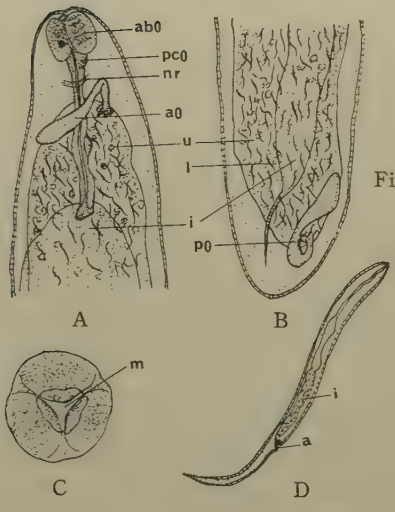


Fig. 4 General anatomical features of the worm obtained from the capsule in subcutaneus tissues of the host fish.

A. Anterior part of gravid worm.
B. Posterior part of gravid worm.
C. Top view of anterior extremity.
D. A larva from the uterus of a gravid worm.

a ; anus, abo ; anterior bulbous part of oesophagus, ao ; anterior ovary, i ; intestine, l ; larvae pco ; posterior cylindrical part of oesophagus, po ; posterior ovary, m ; mouth, nr ; nerve-ring, u ; uterus

た。

子宮内の仔虫は全体としては糸状を呈し，鎌状あるいは環状に巻曲してみられる。頭部はやや鈍円であるが，尾端は著しく細くかつ鋭く尖っている。大きさは体長360～460μ，体巾13～17μであり，尾端から体の1/3あたりに肛門が認められる (Fig. 4.)。

考　　察

淡水産で明らかにされている本属の生態，とくに宿主体内での母虫の移行に関する知見では，最終宿主の体内で subadult に発育した雌虫は体腔内を移動しつつ成熟し，特定の時期に特定の部位に母虫として出現する[3),4),5)]とされている。

本研究においても，冬期に採集したスジハゼの卵巣からは本種の仔虫の形態を備える幼生が発見されること，包嚢が出現する以前の材料では消化管や鰾表に仔虫の発育はまだ充分でない本種と酷似の雌虫が見出される。このことから，本種の移行に関して，「卵巣内で発育した幼生は輸卵管から肛門を経て腸内を逆行して食道開口部から鰾表に移行し，頭蓋骨間の筋繊維間を経て頭部表皮下に出現し包嚢を形成する」の仮説が立てられる。この仮説については，宿主内での虫体の発育，移行に関する生態研究により解明されると考える。

今回の底びき網操業は岩国，大竹市の地先の沿岸域に限った場所で行なったが，とくに大竹地先を中心として高い感染率を示した。この操業と同時に村上・竹内・山口 (1971) が環境庁の赤潮調査（未発表）で行なった底泥の調査でみると，この海域の海底は極めて汚染されており，底泥のC. O. Dなどの分布と，本種の感染率はよく一致している。しかし，本種の発生が海底の汚染と直接関連するかどうかは明らかではない。この種および宿主の生態を研究することによって今後解決したいと考えている。

Table 3. Dimensions of *Philometra mariae* (Female)

	Layman (1930)	Machida (1970)	Present authors
Host and habitat	Fin of *Protopsetta hezensteini* and *Limanda schrenki* ; Ovary of *Sebastodes schlegelii*	Fin and operculum of *Limanda yokohamae*	subutaneous tissue of operculam, snout and around eye of *Rhinogobius pflaumi* and *Chaeturichys sciistius*
Locality	Peter the Great Bay	Otsuchi bay	Northren areas of Hiroshima bay
Body length	16—32mm	31. 5—41. 7mm	9. 87mm (4. 9—18. 3mm)
Body width	0. 73—0. 81	1. 55—2. 00	1. 29 (0. 9—1. 4)
Anterior bulbous part of esophagus	0. 22×0. 24	0. 314—0. 453×0. 354—0. 436	0. 387 (0. 34—0. 44) ×0. 313 (0. 26—0. 39)
Posterior cylindrical part of esophagus	0. 73×—	1. 08—1. 35×0. 111—0. 139	0. 920 (0. 76—1. 21) ×0. 13 (0. 10—0. 16)
Larva		0. 388—0. 440×0. 0189—0. 0208	0. 360—0. 460×0. 013—0. 017

種の同定については，虫体の形態，体表の構造，食道球状部や食道腺，腸末端の形態，卵巣の位置および仔虫の形態などから，この種は，町田[6]がマコガレイから得た線虫と同種と考えられる。原記載[9]は *Layman* が日本海北部の Peter the Great Bay のカレイ科の魚から見出した *Philometra mariae* である。今回スジハゼなどから得た本種の諸器官の大きさなどを比較すると (Table. 3)，体長を除いてよく一致している。体長の変異に関して Rasheed[1]は *Philometridae* 科の線虫は同種間でも変異が大きいので，分類上では重要な特徴とはならないと述べている。今回採集されたスジハゼの体長は5.9cm±1.3cm (n＝232) であり，宿主としては比較的小型の魚種であること，包嚢から取り出した成虫の大きさも4.9mm～18.3mmの変異があったことから，Rasheed のいうように分類上の基準としての体長の大きさの意義は少ない。

以上のことから，今回のスジハゼなどから得た線虫は，Layman[9]および町田[6]がカレイ科の魚から得た *Philometra mariae* と同種とするのが妥当と考えられる。

要　　約

広島湾北西海域における小型底びき網での漁獲物の中のスジハゼ，コモチジャコから一種の線虫が得られた。この寄生虫についての寄生状態ならびに虫体の形態を研究し，次の結果を得た。

1. 成熟虫体は，主として鰾蓋部，口吻，眼球周辺の表皮下に形成された包嚢の中からみられた。
2. 包嚢の宿主の表皮下への出現時期には季節的消長がみられ，8月から9月に高率で発見されたが，その他の月には見られなかった。
3. 調査海域における罹病魚の出現分布は，大竹沿岸域に著しく高く，1972年の8月には41.7%にも及んだ。
4. 包嚢から取り出した成熟虫体の大きさは体長4.9～18.3mm，体巾0.9～1.4mmであった。体は円筒形で両端は鈍円で，体表面は平滑である。口には口唇はない。神経環は食道球状部の直後に位置している。食道腺は食道円筒状部に存在する。子宮は体腔のほとんどを占める。子宮の両端には円筒形の折れ曲った卵巣が位置する。

仔虫は糸状を呈し，体長360～460μ，体巾13～17μで，尾端から3分の1の付近に肛門がみられる。

以上の観察から，本種は Layman[9] が Peter the Great Bay のカレイ科などの魚から発見した *Philometra mariae* Layman, 1930 と同定される。

文　　献

1) Rasheed, S. 1963. A revision of the genus *Philometra* Costa, 1845. J. Helminth., 37: 89-130.
2) Yamaguti, S. 1961. Systema Helminthum, III: 74-77.
3) Thomas, L. J. 1929. *Philometra nodulosa* nov. spec. with notes on the life history. J. Parasitology, 15(3): 193-199.
4) Furuyama, T. 1934. On the morhphology and life-history of *Philometra fujimotoi* Furuyama, 1932,. Keijo J. Med. 5: 165-177.
5) Platzer, E. G. a nd Adams, J. R. 1967. The life history of a *Dracunculoid, Philometra oncorhynchi*, in *Oncorhynchus nerka*. Can. J. Zool. 45: 31-43.
6) 町田昌昭，1970.　マコガレイにみられた *Philometridae* 科線虫寄生の1例. 魚病研究，5(1): 21-24.
7) 中島健次・江草周三・中島康夫，1970.　ブリに寄生する線虫 *Philometroides serilae* の魚体脱出現象について，魚病研究，4(2): 83-86.
8) 中島健次・江草周三，1970.　鰤糸状虫の生活史に関する研究-Ⅰ. 中間宿主と推定される copepods への仔虫感染実験. 魚病研究，5(1): 12-15.
9) Layman, E. M. 1930. Parasitic worms from the fishes of Peter the Great Bay. Bull. Pacific Sci. Fish Res. Stat., 3: 1-120.

海産魚類にみられた骨異常について—I

広島県沿岸産の骨異常魚

松　里　寿　彦

On the Skeletal Abnormalities in Marine Fishes.-I
The Abnolmal Marine Fishes Collected Along the Coast of Hiroshima pref.

Toshihiko Matsusato

Increasing levels of pollution in the marine environment, research of the abnolmalities in marine fishes are carried out a index of pollutions.

In the Inland Sea, especially in the coastal area of Hiroshima pref., a plenty of abnormally shaped marine fishes have been collected by commercial fishing boots.

In this papea, some skeletal abnormalities observed along the coast of Hiroshima pref. since 1970, were discribed.

The samples are included 16 samples, 9 species and 35 specimens, and are examined elaborately by roentgenography and other methods.

The result obtained in this study are as follows ;

(1) Main pathological symptoms, a.) osteoclasis in vertebrae, b.) crooked spine, c.) compression and fusion of vertebrae, b.) deformation of frontal and other skulls, e.) deformation of opercle, subopercle and other membrane bones, f.) lose of caudal vertebrae and caudal fin.

(2) Each specimen from same sampling has shown the same symptoms.

最近，瀬戸内海のみでなく，我が国沿岸各地に各種の「異常魚」の出現がしばしば認められ，多くの人々の関心を集めている。しかも，その実態が不明確なために，漁民に大きな不安を与え，同時に，消費者一般の水産物への不信をうむ一因ともなっているようである。これら「異常魚」のなかには，各種の腫瘍をはじめとして，明らかに細菌感染症，寄生虫症の魚も含まれており，また，アルビノ (Albino) など遺伝的な異常も含まれ，多種多様である。しかし，これらの中でその大部分は，骨異常を伴った形態異常である。最近，Dawson (1964[1], 1966[2]) によって異常魚の文献集が出され，その中でも骨異常に関するものが大きな部分を占めている。一方，魚類の種苗生産および養殖が発展するにつれ，稚仔魚期の管理技術，栄養要求などの研究も進展し，骨異常の原因の一部が明らかにされつつある。しかし，天然水域における骨異常魚については，原因はもちろんのこと，それらの症状すら充分に把握されていない。

著者は，天然水域における骨異常魚の実態を明らかにするために，昭和45年から昭和48年1月までの期間に得られた多数の試魚のうち，主として広島県沿岸で漁獲された，養殖魚類を除く海産魚の骨異常のもの十

1973年3月1日受理　南西海区水産研究所35号

数例を，主として軟X線直接撮影による観察によって検討し，骨異常魚の症状の一端を明らかにすることができたので，ここに報告する。

1. 材料及び方法

昭和45年より、昭和48年1月までに入手した骨異常魚のうち，淡水魚および海産養殖魚を除き，天然水域

Table 1. Source of the specimens.

Sample no.	Species.	Number examined.	Sample collected.	
			Date	Locality
1	Mugil cephalus L.	1	1971, Jan.	Akitsu, Off shore Akazaki.
2	〃	1	1971, Feb.	Kure, Estuary Hirookawa river.
3	〃	13	1971, Jul.	〃
4	〃	10	1971, Aug.	Off shore Matsunaga.
5	〃	1	1972, Jun.	Off shore Otake.
6	〃	1	1972, Sept.	〃
7	Lateolabrax Japonicus (C.)	1	1971, Jul.	Hiroshima, Off shore Kannon.
8	〃	1	1972, May.	Off shore Itsukaichi.
9	〃	1	1972, Dec.	Off shore Otake.
10	Mylio macrocephalus (B.)	1	1970, Dec.	Off shore Ono.
11	Callionymus richardsoni B.	1	1971, Jun.	Off shore Onomichi.
12	Navodon modestus (G.)	1	1973, Jan.	Off shore Otake.
13	Sebastes inermis C. et V.	1	1971, Jun.	Kurahashi, Off shore Nagashima.
14	Platycephalus indicus (L.)	1	1972, Dec.	Off shore Itsukushima.
15	Lepidotrigla microptera G.	1	1973, Jan.	Off shore Iwakuni.*
16	Kareius bicoloratus (B.)	1	1973, Jan.	Off shore Otake.

* Yamaguchi pref.

で漁獲された海産魚のみを供試した。入手経路としては，広島県水産試験場，同県農林事務所，市町村役場，漁業協同組合，報道機関などのほか，漁業者個人からの提供もあり，また入手時の状態も，生体，凍結，ホルマリン液浸，乾物などであり，骨のごく一部のみが入手された場合すらあった。これらの標本は，すべて10%ホルマリン水溶液中に保存し，体長，体重測定を行なった。また入手時，可能な限り採血，採尿を行ない，血液ならびに尿の検査を行なうとともに，剖検により骨組織以外の病変も併せて検討した。検討した魚種，入手月日などは表1（Table 1）に一括して示し，採捕水域は図1（Fig. 1）に示した。

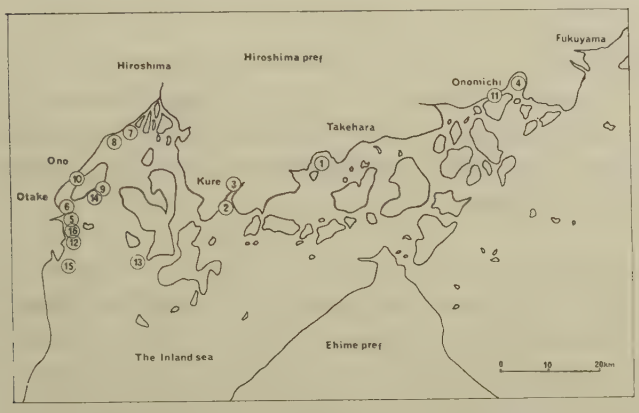


Fig. 1. Showing the localities of sample fishes along the coast of Hiroshima pref.

一方，正常魚については，ボラ，スズキ，メイタガレイなどについて異常魚と同様に測定，観察を行なった。測定後，全標本を Softex-CMB 型（ソテックス株式会社製）により，原則として背面および側面の両方から撮影し，頭骨，中軸骨を中心に，臓器骨，膜骨などを含めてそれらの異常を詳細に検討した。

X-線撮影の際のデータは各症例に記したとおりである。なお，体長（Body Length）は通常の測定方法による結果のほかに，複雑な屈伸魚などは両側のX線写真から脊梁の屈曲に合せ，前上顎骨もしくは歯骨から椎体の末端までを測定し，推定体長とした。尾部欠損魚，頭部変形，骨融合魚などでは，正常魚の椎体の長さ，幅などから推定体長を求めた。

2. 結　　果

各症例の検討結果は次のとおりである。原則として，採捕時期，採捕水域が同一のものは一症例とみなし記載した。

症　例1　　魚種：マボラ *Mugil Cephalus L.*，1尾

昭和46年1月22日23時頃漁獲されたもので，当日漁獲された25尾のうち1尾のみ外観上の異常が認められた。

体長：30cm，推定体長：39cm，体重：850g，外部所見：右眼瞼肥厚。肥厚部位に白濁はなく，多重層。角膜固有層も増生し，眼球全体がやや突出している。体全体が垂直および水平の両方向に屈曲している。(Plate I, Fig. 1, 2)

X線データ：背面，二次電圧 30 K.V.P.，二次電流 2.5 mA.，照写時間 105 sec.，膜面距離 60cm，使用フィルム，富士ソフテックスフィルム（高感度用），なお膜面距離，使用フィルムは以下の全症例も同じである。

骨症状：椎骨 vertebrae №1～23 変形。椎体 centrum および神経棘 neural spines，神経突起 neurapophysis，血管棘 haemal spine，血管突起 haemapophysis それぞれ屈曲変形。椎骨№22～23骨融合（Fusion）。各椎体間隙不整。脊椎の屈曲は，水平方向椎骨№6～8，9～11，13～15，17～18，垂直方向椎骨№7～9，12～14，16～18でそれぞれ起り，いわゆる螺旋状屈曲 Spiral curvature を呈する。椎骨№9の神経椎に骨折痕（骨折痕は骨折像と二次的化骨像を認めた場合のみを呼ぶ。），同

右体側肋骨 rib 屈曲。各担鰭骨 internal spine 屈曲，変形するものが多い。推定体長に比し，頭蓋骨長 (cranium length) がやや短いが，頭部骨（頭骨，顎骨，歯骨その他翼骨類を含む）その他の骨には顕著な異常は認められない。(Pate VI, Fig. 1, 2)

症 例2 魚種：マボラ *Mugil Cephalus L.*, 1尾

体長：22cm，推定体長：23.5cm，体重：250g，外部所見：左眼験肥厚。体全体垂直，水平方向に屈曲。(Plate I, Fig. 3, 4)

X線データ：背面 25 K. V. P., 2.5 mA., 60 sec.
側面 25 K. V. P., 2.5 mA., 30 sec.

骨症状：水平方向は椎骨 No.16～18，21～23 垂直方向椎骨 No.10～12，12～15 を中心に屈曲。椎骨No.13骨折痕，変形。椎骨No.13，14は椎骨そのものが体軸方向に短小，偏平化の傾向が認められる。椎骨No.5以後の椎体間隙不整。椎骨No.15，16，血管棘，17，18，19，20，21神経棘屈曲変形。椎骨No.12，13，14神経突起基部不全化骨。各肋骨および頭骨その他には異常は認められない。(Plate VII, Fig. 1, 2)

症 例3 魚種：マボラ *Mugil Cepkal,us L.*, 12尾

本症例は，昭和46年8月12日，同時に，同一水域で多量の異常魚出現の例であり，当日漁獲された数十尾中13尾を検討した結果，12尾に骨異常が認められたものである。骨症状は各個体により異なるが，状況から判断して，同一原因に基づく骨異常例として検討した。

その1

体長：15.5cm，推定体長：16.0cm，体重：54g，外部所見：顕著な異常は認められない。(Plate I, Fig. 5の1，6の1)

X線データ：背面 30 K. V. P., 2.5 mA., 70 sec.,
側面 30 K. V. P., 2.5 mA., 60 sec.,

骨症状：椎骨 No. 12，13骨折。（骨折は椎骨のほぼ中央で，骨折部位に二次的な骨化は認められない。）椎骨No. 9 右体側肋骨，同10両側肋骨屈曲変形。他には異常は認められない。(Plate Ⅷ, Fig. 1, 2)

その2

体長：15.0cm，推定体長：15.4cm，体重50g，外部所見：左体側尻鰭 anal fin 上中央部膨隆。膨隆は直径約10mm，高さ約5mmである。横断面では椎体側面の筋肉組織内出血が認められる。内出血部位は椎骨骨折部周辺に限られており，骨折に伴う内出血と判断しうる。(Plate I, Fig. 5の2，6の2)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨No.16中央部で骨折。体全体は単純な側屈 skoliosis を呈する。椎骨No.13，14神経棘屈曲。他には異常は認められない。(Plate VIII, Fig. 3, 4)

その3

体長：12.2cm，推定体長：12.7cm，体重：30g，外部所見：その2の所見と同様，右体側尻鰭上中央部やや膨隆。他には異常は認められない。(Plate I, Fig. 5の3，6の3)

X線データ：その1と同じ。

骨症状No.15骨折。骨折に伴い前後椎骨の配列が乱れ，全体として軽く屈曲している。椎骨No.14，15神経棘屈曲。他には異常は認められない。(Plate VIII, Fig. 5 ,6)

その4

体長：12.2cm，推定体長：12.6cm，体重：30g，外部所見：異常は認められない。(Plaate I, Fig. 7の1，8の1)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨No.13骨折。同神経棘屈曲。椎骨No.13骨折により，椎骨No.12以前と14以後では椎骨の配列方向

が水平に大きくくい違っている。その他には異常は認められない。(Plate IX, Fig. 1, 2)

その5

体長：11.0cm，推定体長：11.6cm，体重：22g，外部所見：右体側尻鰭上中央部膨隆。内部筋肉部には内出血が認められる。(Plate I, Fig. 7の2，8の2)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨№14，15脱臼。17～18間不整。椎骨№12血管棘屈曲。他には異常は認められない。(Plate IX, Fig. 3, 4)

その6

体長：12.8cm，推定体長：13.4cm，体重：35g，外部所見：その5と同様に右体側尻鰭上中央部膨隆。(Plate I, Fig. 7の3，8の3)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨№17骨折脱臼。同16配列異常。脊梁全体は椎骨№17を中心に，Eとして水平に屈曲。その他には異常は認められない。(Plate IX, Fig. 5, 6)

その7

体長：10.cm，推定体長：11.2cm，体重：22g，外部所見：左体側尻鰭上中央部内出血による膨隆。(Plate II, Fig. 1の1，2の1)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨№5，14骨折。同11，12，14それぞれ配列が乱れており，椎骨4～6，7～9，12～16で水平方向に屈曲。椎№10左右肋骨屈曲。他には異常は認められない。(Plate X, Fig. 1, 2)

その8

体長12.0cm，推定体長：12.4cm，体重：21g，外部所見：異常は認められない。(Plate II, Fig. 1の2，2の2)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨№13骨折。№11，12，14配列不整。椎骨№11～14水平に屈曲。椎骨№12神経棘骨折。椎骨№8，9，10左右肋骨屈曲。他には異常は認められない。(Plate X, Fig. 3, 4)

その9

体長：8.9cm，推定体長：9.5cm，体重：15g，外部所見：全体側屈 skoliosis. (Plate II, Fig. 1の3，2の3)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨№14，16の2カ所で骨折。それに伴ない，椎骨№13～17まで水平に強く屈曲。椎体№13～15各血管棘先端骨折。他には異常は認められない。(Plate X, Fig. 5, 6)

その10

体長：11.5cm，推定体長：11.6cm，体重：25g，外部所見：異常は認められない。(Plate II, Fig. 1の4，2の4)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨№3～4，4～5，5～7それぞれの椎体間隙不整。脊梁全体水平方向に軽度の屈曲。他には異常は認められない。(Plate XI, Fig 1, 2)

その11

体長：11.4cm，推定体長：11.5cm，体重：24g，外部所見：異常は認められない。(Plate II, Fig. 1の5，2の5)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨№9，16の2カ所で骨折。周辺部には異常は認められないが，脊梁全体は極く軽度の水平方向の屈曲を示す。他には異常は認められない。(Plate XI, Fig. 3, 4)

その12

体長：10.5cm，推定体長：10.7cm，体重：20g，外部所見：異常は認められない。(Plate II, Fig. 1 の 6, 2 の 6)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨No.14，15の2カ所骨折。椎骨No.11～14水平方向に屈曲。椎骨No.10右体側肋骨屈曲。他には異常は認められない。(Plate XI, Fig. 5, 6)

症例3のまとめ

12尾の骨異常について検討した結果，主な症状は次のとおりである。

イ　外形の異常個体は6例，うち体側膨隆—筋肉内出血による腫脹例は5例である。他の6例は外観上全く異常は認められなかった。

ロ　骨症状では，椎骨骨折が10例，椎体間隙不整のみが2例，神経棘骨折1例，同屈曲3例，血管棘骨折1例，同屈曲1例，肋骨屈曲4例である。

ハ　椎骨の骨折部位は，椎骨No.13，14，16がそれぞれ3例づつ，No.15が2例，No.5，8，9，17，が各1例である。

ニ　同一個体椎骨骨折回数は，3回が1例，2回が4例，1回が5例である。

ホ　脊梁屈曲の方向は，水平方向が多く，垂直向での屈曲は比較的少ない。

症　例4　魚種：マボラ *Mugil Cephalus L.*，9尾

本例は，昭和46年8月12日，広島県松永町付近の遊水池で発見された，百数十尾もの大量のマボラの斃死もしくは異常遊泳の例である。当日漁獲された多数の異常魚のうち10尾のみを検討した結果，9尾に骨異常が認められた。

その1

体長：25.6cm，推定体長：25.7cm，体重70g，外部所見：全体に軽い後方屈 Kyphosis. 他は異常は認められない。

X線データ：背面 30 K. V. P., 25 mA., 70 sec.,
　　側面 30 K. V. P., 25 mA., 45 sec.

骨症状：椎骨No.7～8間隙間。椎骨No.15神経棘屈曲。同No.8神経棘一部肥厚。脊梁全体水平，および垂直に軽度の屈曲。その他は異常が認められない。(Plate XII, Fig. 1, 2)

その2

体長：18.6cm，推定体長：18.9cm，体重：120g，外部所見：体全体垂直方向に屈曲。他には異常は認められない。(Plate II, Fig. 3, 4)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨No.1，6脱臼。椎骨No.15，16骨折変形。椎骨No.6以前と以後では走行方向が異なる。椎骨No.6～17神経棘先端部骨折変形。同15神経棘一部肥厚。他には異常は認められない。(Plate II, Fig. 3, 4)

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨No.1，6脱臼。椎骨No.15，16骨折変形。椎骨No.6以前と以後では走行方向が異なる。椎骨No.6～17神経棘先端部骨折変形。同15神経棘一部肥厚。他には異常は認められない。(Plate XII, Fig. 3, 4)

その3

体長長：19.5cm，推定体長：19.6cm，体重：115g，外部所見：異常は認められない。

X線データ：その1と同じ。

骨症状：椎骨No.1，5，14脱臼。椎骨No.14椎体一部損傷，No.15と密着。全体軽度の屈曲。その他には異状

は認められない。(Plate XIII, Fig. 1, 2)

その4

体長：13.5cm，推定体長：13.7cm，体重：47g，外部所見：軽度の前方屈 lordosis. その他には異常は認められない。(Plate II, Fig. 5, 6)

X線データ：背面 30 K. V. P., 2.5 mA., 75 sec.,
側面 30 K. V. P., 2.5 mA., 60 sec.,

骨症状：椎骨No.8骨折。それに伴ってNo.8を中心にそれ以前と以後とでは走行方向相違。椎骨No.13～14配列異常。椎骨13以後全椎体右方向に捻転。他には異常は認められない。(Plate XIII, Fig. 3, 4)

その5

体長：14.0cm，推定体長：14.3cm，体重：62g，外部所見：全体が垂直，水平方向に屈曲。(Plate II, Fig. 7, 8)

X線データ：その4と同じ。

骨症状：椎骨No.5，15の2カ所で骨折。同No.15～16脱臼。椎骨No.15神経棘屈曲。同No.18神経棘骨折。背鰭担鰭骨一部屈曲。脊梁は水平および垂直方向に屈曲。その他には異常は認められない。(Plate XIV, Fig. 1, 2)

その6

体長：10.0cm，推定体長10.2cm，体重：19g，外部所見：異常は認められない。

X線データ：その4と同じ。

骨症状：椎骨No.1脱臼。脊梁全体は水平および垂直方向に軽度の屈曲。他には異常は認められない。(Plate XIV, Fig. 3, 4)

その7

体長：13.5cm，推定体長：13.7cm，体重：42g，外部所見：異常は認められない。

X線データ：その4と同じ。

骨症状：椎骨No.13骨折。同No.13以後全椎体右方向に捻転。同No.5～6，6～7，13～14脱臼。椎骨No.13, 14, 15, 16血管棘屈曲。脊梁全体水平方向に軽度の屈曲。その他には異常は認められない。(Plate XIV, Fig. 5, 6)

その8

体長：17.5cm，推定体長：17.6cm，体重：55g，外部所見：異常は認められない。

X線データ：その4と同じ。

骨症状：椎骨No.5骨折変形。他には異常は認められない。(Plate XV, Fig. 1, 2)

その9

体長：14.4cm，推定体長：14.9cm，体重：54g，外部所見：全体が垂直方向に屈曲。尾部水平方向に屈曲。

X線データ：その4と同じ。

骨症状：椎骨No.6，7，15の3カ所で骨折。これらの骨折により，No.5～7，No.14～16で主として水平方向に屈曲。椎骨No.7以後上方に屈曲。その他には異常は認められない。(Plate XV, Fig. 3, 4)

症例4のまとめ

症例4は9尾の骨異常魚について検討したが，主な症状は次のとおりである。

イ　内出血に伴う腫脹は認められない。

ロ　骨症状では，椎骨骨折7例，同脱臼6例，神経棘骨折1例，同屈曲2例，同肥厚1例のほか，脊梁の捻転2例などが主な症状である。

ハ　椎骨骨折部位は，No.15が3例，No.5が2例，No.6，7，8，13が各1例である。

ニ　同一個体椎骨骨折数は，3回が1例，2回が2例，1回が4例である。

ホ　椎体脱臼部位では，椎骨No.1が3例，No.5～6が2例，No.6～7が2例，No.13～14が2例，その他1例である。

ヘ　脊梁屈曲の主な方向は，水平方向のみが3例，垂直方向のみが3例，両方向が3例であった。

ト　体軸方向での椎体の圧平変形が多く認められる。

症　例5　魚種：マボラ *Mugil Cephalus L.*，1尾

体長：27.0cm，推定体長：36.4cm，体重：690g，外部所見：全体が強く屈曲。右眼臉軽度の肥厚。(Plate III, Fig. 1, 2)

X線データ：背面 25 K. V. P., 2.5 mA., 120 sec.,
側面 25 K. V. P., 2.5 mA., 75 sec.,

骨症状：椎骨No.15骨折痕。同No.5～7，No.11～13，No.14～16垂直および水平方向に強く屈曲。全神経棘，血管棘，各突起屈曲変形。椎骨No.13～16の各神経棘肥厚。同No.19，20血管棘一部骨折痕。同No.19～22血管棘肥厚。肋骨の一部屈曲，走行方向不整。背鰭担鰭骨には脱臼，骨折，肥厚などの異常が認められる。頭骨その他には異常は認められない。(Plate XVI, Fig. 1, 2)

症例6　魚種：マボラ *Mugil Cephalus L.*，1尾

本例は，昭和47年9月20日，広島県大竹市の漁業協同組合より，付近で漁獲されたマボラ41尾を，骨異常魚の対照として購入したもののうちの1尾である。骨異常が認められたのは41尾中本例の1尾のみであり，これらは同年9月12日から20日までの期間に漁獲されたものである。

体長：18.0cm，推定体長：19.0cm、体重：140g，外部所見：軽度の短軀 (shortening) 認められるほかには顕著な異常は認められない。(Plate III, Fig. 3, 4)

X線データ：背面 30 K. V. P., 25 mA., 70 sec.,
側面 30 K. V. P., 25 mA., 60 sec.,

骨症状：椎骨No.8～15各椎体短小偏平化。一部骨化不全も認められるが融合 (Fusion) は認められない。椎骨No.14骨折痕。同No.7～14神経棘屈曲。同No.15神経棘骨折痕。同No.8～15神経突起矮小。なお，額骨 frontal 頭頂部の損傷は人為的な外傷と思われる。その他には異常は認められない。(Plate XVII, Fig. 1, 2)

症　例7　魚種：スズキ *Lateolabrax japonicus* (*C.*)，1尾

体長：37.8cm，推定体長47.4cm，体重：1,100g，外部所見：体全体強く屈曲。(Plate III, Fig. 5, 6)

X線データ：背面 30 K. V. P., 2.5 mA., 180 sec.,
側面 30 K. V. P., 2.5 mA., 120 sec.,

骨症状：椎骨No.4，16，19を中心に水平方向，No.11，20，26を中心に垂直方向に屈曲。多くの椎体は矮小化または変形。ほとんどすべての神経棘，血管棘は屈曲，骨折，肥厚が認められる。特に椎骨No.9以後の神経棘には多くの骨折痕などが認められる。各鰭付属骨，頭骨には異常が比較的少ない。(Plate XVIII, Fig. 1, 2)

症　例8　魚種：スズキ *Lateolabrax japonicus* (*C.*)，1尾

体長：41.2cm，推定体長：58.0cm，体重：2,500g，外部所見：体全体が強く屈曲。垂直方向の屈曲が主である。(Plate III, Fig. 7, 8)

X線データ：側面 30 K. V. P., 2.5 mA., 180 sec.,

骨症状：脊梁全体垂直方向に屈曲。各椎体間隙不整。椎骨No.1～2脱臼。同No.7骨折痕，変形。各神経棘は先端部屈曲，一部骨折痕。各血管棘骨折変形，2カ所の骨折を持つものも認められる。肋骨は2カ所

で骨折のほか屈曲，走行方向不整が認められる。各担鰭骨その他には比較的異常は少ない。(Plate XIX, Fig. 1)

症　例9　魚種：スズキ *Lateolabrax japonicus* (*C.*)，　1尾

体長：27.8cm，推定体長：28.2cm，体重36.8g，外部所見：頭部変形魚。額骨突出，上顎短小で，いわゆる「pughead」状を呈する。眼径はやや大きく，上方に位置する。上顎骨の変形に伴い，歯骨も上方に彎曲している。剖検を行なったが特異な病変は認められない。(Plate IV, Fig. 1, 2)

X線データ：背面30 K. V. P., 2.5 mA., 75 sec.,
　　側面30 K. V. P., 2.5 mA., 60 sec.,

骨症状：額骨 frontal 上方へ突出。全鋤骨 Vomer 短小。副楔骨 parasphenoid 前方部短小。前額骨 prefrontal，上後頭骨 supraoccipital 変形。その他頭骨各骨ともに変形。鰓弓蛇行変形。その他脊椎骨，各鰭付属骨には異常は認められない。(Plate XX, Fig. 1, 2)

症　例10　魚種：クロダイ *Myliomacrocephalus* (*B.*)，　1尾

体長：21.0cm推定体長：35.0cm，体重：690g，外部所見：尾鰭欠損およびそれに伴う胸鰭，尻鰭の代償的発達が認められる。全体の形は偏平，卵円状を呈する。(Plate IV, Fig. 3, 4)

X線データ：側面30 K. V. P., 2.5 mA., 60 sec.,

骨症状：椎骨№21，22，23および尾上骨 urostyle，下尾軸骨 hypural，尾鰭軟条欠損。椎骨№13以後の椎体は発育不全で矮小化。脊梁全体は3回垂直に屈曲。尻鰭担鰭骨の3カ所に骨折変形が認められる。背鰭担鰭骨の一部骨折痕。椎骨№7左体側肋骨々折変形。尻鰭各棘およびその担鰭骨は代償的に発達。頭骨その他には異常は認められない。(Plate XVII, Fig. 3)

症　例11　魚種：ネズミゴチ *Callionymus richardsoni B.*，　1尾

体長：15.2cm，推定体長：20.2cm，体重70g，外部所見：体全体垂直方向に屈曲。特に胸部は著しく上方に突出。(Plate IV, Fig. 5, 6)

X線データ：背面30 K. V. P., 2.5 mA., 40 sec.,

骨症状：椎骨№1～7垂直方向に強く屈曲。同№3骨折痕。同№2～3～4各椎体融合。椎骨№3，4，5右体側肋骨屈曲。各肋骨関節変形。他には異常は認められない。(PlateXXI, Fig. 1)

症　例12　魚種：ウマズラハギ *Narodon modestus* (*G.*,)　1尾

体長：20.0cm，推定体長：24.0cm，体重：500g，外部所見：いわゆる短軀症状を呈する。剖検においても異常は認められない。血液および尿検査の結果は次のとおりである。ヘモグロビン量：4 g/dl (A.O Hb meter 使用)，ヘマトクリット値：15% (ミクロヘマトクリット法による)，血漿蛋白量：2.7g/dl (日立屈折蛋白計使用)，血糖：175～250mg/dl (A. M社製，Dextro stix 使用)，尿 pH：9以上，尿中蛋白：陽性。(Plate IV, Fig. 7, 8)

X線データ：側面30 K. V. P., 2.5 mA., 45 sec.,

骨症状：椎骨№6～7，7～8間不整。№8～19各椎体著しい偏平化と融合。№17骨折痕。椎体№8～19の各神経，血管棘変形。頭骨その他には異常は認められない。(Plate XXI, Fig. 2)

症　例13　魚種：メバル *Sebastes inermis C. et V.*，　1尾

体長：12.0cm，推定体長：13.5cm，体重：76g，外部所見：尾部および背鰭の一部欠損。尻鰭やや発達。その他には異常は認められない。(Plate V, Fig. 1, 2)

X線データ：背面30 K. V. P., 2.5 mA., 60 sec.,

側面 30 K. V. P., 2.5 mA., 40 sec.,

骨症状：椎骨№21の中央部より以後№22，23尾部骨欠損。№21の損傷部は治癒している。他には異常は認められない。(Plate XXII, Fig. 1, 2)

症　例14　魚種：コチ *Platycephalus indicus* (*L.*)，1尾

体長：26.4cm，推定体長：26.6cm，体重：152g，　外部所見：症例9のスズキとほぼ同様に頭骨の異常による「Pughead」を呈する。他には異常は認められない。(Plate V, Fig. 3, 4)

X線データ：背面 30 K. V. P., 2.5 mA., 45 sec.,

側面 30 K. V. P., 2.5 mA., 60 sec.,

骨症状：頭骨異常。　鋤骨，篩骨短小。　額骨突出変形。副楔骨弓状変形。上顎骨異常。その他頭部各骨異常。椎骨№13右体側肋骨欠如。他には異常は認められない。Plate XXIII, Fig. 1, 2)

症　例15　魚種：カナガシラ *Lepidotrigla microptera G.*，1尾

本例は，汚染海域の底曳調査の際得られたものである。

体長15.0cm，体重：178g，外部所見：両側鰓蓋 opercle の異常および左体側眼孔下変形。その他には異常はない。血液検査の結果は次のとおりである。(各測定法は症例12と同様ある。) 血色素量：7.2 g/dl，ヘマトクリット値：52%，血漿蛋白量：6.0g/dl，血糖値：175～250mg/dl。 (Plate V, Fig. 5, 6, 7)

X線データ：背面，側面ともに 30 K. V. P., 2.5 mA., 30 sec.,

骨症状：頭部膜骨 menbrane bone の異常例である。左右鰓蓋骨 opercle，下鰓蓋骨 subopercle 矮小変形。前鰓蓋 preopecle 変形。左体側下眼骨 suborbital，翼骨類 pterygoid 陥没変形。脊椎骨その他には異常は認められない。(Plate XXII, Fig. 3, 4)

症　例16　魚種：イシガレイ *Kareius bicoloratus* (*B.*)　1尾

体長25.0cm，推定体長：26.5cm，体重：450g，外部所見：体軸および側線屈曲。血液検査(各側定方法は症例12と同様である) の結果は次のとおりである。血色素量：4.3g/dl，ヘマトクリット値：17%，血漿蛋白量：2.0g/dl。(Plate V, Fig. 8, 9)

X線データ：側面 30 K. V. P., 2.5 mA., 40 sec.,

骨症状：脊梁全体垂直および水平に屈曲。各椎体変形。椎骨№1～10，および№27～37神経棘は屈曲。背鰭担鰭骨は前方1カ所骨折，後方では屈曲が認められる。 その他には異常は認められない。(Plate XXIV, Fig. 1)

その他，今回は詳細な検討ができなかったものに骨腫3例がある。魚種はマダイ *Chrysophrys major T. et S.*，タチウオ *Trichiurus lepturus L.*，クロダイ *Mylio macrocephalus* (*B.*) で，マダイ，タチウオは神経棘，血管棘に発生した多発性骨腫であり，クロダイのものは，鰓蓋上に発生した軟骨腫の一種と思われるが，これら腫瘍による骨異常については他の腫瘍と一括して今後さらに検討することとし，今回の記載からは除いた。

3. 考　　察

魚類の骨異常を正確に把握するには，各魚種について正常魚の骨形態，骨形成機構などの理解が必要である。また，成長，生殖，生態などにおよぼす骨異常の影響を検討する際にも，各魚種の海域別，成長段階別の骨形態，骨形成の全容を明らかにしておく必要がある。しかし，詳細な骨形成の検討がなされているのは

2，3の魚種にすぎない。一方，一般的な硬骨魚類の骨格に関する研究では，堀田（1961）[3]の硬骨魚類中軸骨格の比較研究，および，高橋（1962）[4]の種の査定のための脊梁構造の研究など優れた研究があり，これらは，正常魚の骨格検討のための貴重な資料となっている。また，山田（1961）[5),6)]の椎体長曲線の研究，多々良ら（1962）[7]の椎体長による体長体重復原のための研究など，椎体からの体長推定に関する優れた報告があり，今回の推定体長を求める際の参考とした。

骨組織以外の症状については，標本の状態などから，詳細な検討を行なうことはできなかったが，ボラの骨異常標本で認められた眼瞼，角膜の増生，肥厚は注目すべき症状の一つといえる。骨異常魚における骨組織以外の病変については今後さらに症例を加え，骨異常と合せ，詳しい検討を行なう必要があろう。今回検討した主な骨症状は次のとおりであった。

○脊椎骨々折とそれに伴う一連の病変について

魚類の脊椎骨々折については，すでに森ら（1972）[8]がマボラでの数種の農薬による骨折例を報告している。窪田ら（1970）[9]は養殖ハマチで，ある種のサルファ剤の副作用としての骨折例を，また藤谷（1963）[10]は，水中爆発物による骨折例を，さらに，村上（1972）[11]はコイの体形異常に関する総括的検討のなかで，落雷，漏電などの電気的ショックによる脊椎骨々折，およびアンモニアイオンによる骨折例を報告している。北村（1969）[12]は，ニジマスのビタミンC欠乏症状の一つとして，脊椎骨々折を報告している。

以上の各報告例からも明らかなように，脊椎骨々折は，一般的には，イ）筋肉の異常緊張に伴う骨折，ロ）物理的な外圧による骨折，ハ）骨化不全による骨折に分けて考えることができよう。イ）に属するものとしては，向神経性に作用する多くの毒物，例えば各種農薬[8),13),14)]，各種有機金属類，ある種の治療薬[9)]のほか，電気的ショックなどが含まれている。これらに起因する脊椎骨々折初期症状の特徴としては，骨折部位以外の椎体，頭骨および膜骨の異常が比較的少ないことがあげられよう。ロ）には，藤谷（1963）[10]衝撃波によるもののほか，養殖場での通常みられる網揚げなどによる骨折例が含まれる。これら外圧による骨折の特徴は，腹腔をとりまく肋骨の骨折，屈曲，脱臼などを伴うことが多い。ハ）は，主として栄養性の骨異常が含まれる[12]。この場合は，全身の骨組織に何等かの異常を伴うことが多い。

今回検討した症例にも多くの脊椎骨々折が認められるが，症例3，4は症状から判断して，骨折の初期症状例と思われる。症例3の2，および3の3は，単純な1カ所の椎体骨折例であり，症例3の7，3の9は2カ所以上の骨折例である。これらの例では，椎体骨折部位，もしくは，その近くの神経棘，血管棘，および肋骨の屈曲，骨折なども同時に認められるが，これらは椎体骨折に随伴して起ると理解しうる。さらにこれら椎体などの骨折には，しばしば周辺の筋肉内出血を伴う場合があるが，これらは窪田ら（1970）[9]のハマチの例と同様と考えられよう。症例4も椎体骨折の初期症状を呈してはいるが，症例3の骨折症状とは若干の相違がみられる。例えば，症例4の2（Plate XII, Fig. 3, 4），4の8（Plate XV, Fig. 1, 2）の骨折椎体には圧平変形が認められる点である。このような症状の差異の由来は明らかではないが，骨折以前の骨組織の性状ならびに骨折因とも関連するものと考えられる。症例3，4は，前述した骨折因の分類ではイ）に含めるの妥当と思われる。その他，症例2，5，6も椎体の骨折が認められるが，これらの骨折部位には，椎体外周の二次化骨が認められる点からして，骨折後の修復例と考えられる。魚類の骨折部位の二次的化骨の機構などについては不明な点が多いが，症例6（Plate XVII, Fig. 1, 2）と症例3の12（Plate XI, Fig. 5, 6）の比較で，骨折後の異常化骨の時間的経過がうかがわれる。

○脊椎骨屈曲とそれに伴う一連の病変について

脊椎骨の彎曲，あるいは屈曲は多くの魚種にみられる一般的な骨形態異常である[15)]。脊椎骨屈曲の原因としては，イ）遺伝的もしくは発生初期のなんらかの障害に基づくもの（いわれる狭義の奇形）ロ）各成長期の栄養に起因する場合，ハ）前述した脊椎骨々折原因と同じ原因に基づく場合，ニ）その他，疾病に起因する場合などが挙げられよう。

遺伝もしくは発生初期の障害に基づく脊梁の屈曲については，不明な点が多く残されたままであるが，脊梁の屈曲による稚仔魚期の遊泳能力の阻害は，多くの場合致命的であり，生残の可能性は少いものと推察される[11),16)]。一方，胎生魚であるエイ類では，いわゆる奇形魚が生残し得る可能性は否定できない[17)]。症例10 (Plate XVII, Fig. 3) の場合は，脊梁の屈曲とともに椎骨№13以後の椎骨の発育が不全であり，一見奇形魚の典型例ともみられるが，椎骨№21以後の欠損が認められることなどから，幼魚期の外傷に伴う一連の異常と理解される。

各成長期の栄養に起因する脊梁屈曲の例は多数あり，また実験的にも確認されている[12),18),19)]。一般的には，これら栄養に起因する骨異常は，Halver (1960)[18)]のトリプトファン欠乏症，北村 (1969)[12)]のビタミン欠乏症，および村上 (1967)[19)] のミネラル欠乏による例などである。これらは，単に脊椎骨の屈曲だけにとどまらず，ほぼ全身の骨組織に異常が同時に認められる点が特徴的であり，カルシウム代謝の異常による全身症と理解し得る。

今回検討した16症例中，椎骨々折などを伴わない脊梁骨全体の屈曲例は，症例7 (Plate XVIII, Fig. 1, 2) と症例16 (Plate XXIV, Fig. 1) の2例のみである。これらの症状は，前述したいわゆる栄養に起因する異常とは異なり，頭骨，膜骨などの異常は伴わない。天然魚における栄養性の骨異常は，前述した先天的な奇形魚の場合と同様，天然の生態系のなかでの生存の可能性は少いものといえよう。

脊椎骨々折と同一原因によっても脊梁の屈曲は起り得る。このことは症例3，4でも明らかである。特に症例3の5 Plate IX, Fig. 3, 4)，3の10 (Plate XI, Fig. 1, 2)，症例4の1 (Plate XII, Fig. 1, 2)，4の2 (Plate XII, Fig. 3, 4)，4の3 (Plate XIII, Fig. 1, 2)，4の6 (Plate XIV, Fig. 3, 4)，では椎体間隙不整，脱臼などによる屈曲のごく初期の症状が認められる。極端な脊椎骨の屈曲を示す，症例2 (Plate VII, Fig. Fig. 1, 2)，5 (Plate XVI, Fig. 1, 2)，8 (Plate XIX, Fig. 1)，11 (Plate XXI, Fig. 1)，などでは椎体の一部に骨折痕が認められ，また症例1 (Plate VI, Fig. 1, 2)，6 (Plate XVIII, Fig. 1, 2)，では椎骨々折以外に，融合，偏平化がみられる。以上述べた屈曲例では，肋骨，担鰭骨などの骨折，屈曲，変形も同時にみられるが，これらの一部は脊椎骨の強い屈曲に起因した異常と推察し得る。椎体の配列のわずかな異常も魚体の体側筋の配置，体形などを考慮すると，脊梁全体の屈曲の原因となる場合も考えられよう。症例2，5，8，11などに代表される天然魚の脊椎骨屈曲は，椎体の骨折症状などから判断して，症状の進行は比較的緩やかであると思われる。

各種症病に起因する脊椎骨屈曲については Duijn (1956)[20)] がある種の真菌症 (tuberculosis)，Ichtyophonus 症による屈曲例を述べている。今回検討した各症例では，これらの疾病，および骨異常に関連すると思われる胞子虫症，その他の疾病は認められない。

○椎体の融合，圧平変形について

椎体の融合 (Fusion)，圧平 (Compression) は外観的には短軀 (Short-taile) を呈することが多い。いわゆる短軀症状は多くの魚種で知られており，報告例も多い[1),2)]。しかし，その原因については，ごく一部が明らかにされているにすぎない。北村 (1959)[12)] は，ビタミンC欠乏によって椎体の癒着が起ることを報告しており，その他，初期発生時の環境要因，特に水温変動が骨形成を部分的に阻害することも知られている。椎体の癒着，融合，圧平などは種々の原因により起り得ると推察される。症例6 (Plate XVIII, Fig. 1, 2) は，椎骨々折に伴い骨折椎体の前後の椎体が圧平変形した例である。症例12 (Plate XXI, Fig. 2) もほぼ同様と考えられる。

○頭骨変形について

症例9 (Plate XX, Fig. 1, 2)，14 (Plate XXIII, Fig. 1, 2) は，額骨の変形を主体とした頭骨異常例であり，外観的には，いわゆる pughead (Mopsköfe) を呈する。これら頭骨の変形については，Gudger (1930)，Ford (1930) をはじめ，すでに多数報告がなされている[15)]。Cheek (1965)[21)]，Goodwin

ら (1968)[22]はそれぞれ American Shad で，Isaacson (1965)[23]は Blackperch の pughead の例を記載している。これら多くの魚種に出現する pughead の原因については全く不明であるが，頭骨の形態および機能の点を考慮すると，遺伝的もしくは発生初期の骨形成機能阻害などによる形態異常，いわゆる頭骨奇形の一種であると推察されよう。症例9，14は，同一時期，同一水域での採捕であり，当時の聞き込みによると，ほぼ同様の症状のものが，それぞれの魚種で他に何例か漁獲されたとのことであり，発生初期の環境要因との関連が注目される。その他，村上 (1967)[19] はミネラルの欠乏によるコイの頭骨異常を報告しており，また北村 (1969)[12] は，頭骨の化骨異常を報告している。また，各種疾病，たとえば，胞子虫症 (Myxosoma cerebralis による Whirling disease) による頭骨変形も知られている。

○膜骨の異常について

症例15 (Plata V, Fig. 5, 6, 7) は主に鰓蓋骨を中心とした膜骨の異常例である。これら鰓蓋骨の異常については，佐藤ら (1972)[24] がマダイ稚魚で配合飼料試験の際，鰓蓋が小さく，眼下のくぼんだ異常魚の発生を報告しており，北村(1969)[12]は，ビタミン欠乏症における鰓蓋異常を報告している。また村上(1967, 1972)[19),11)]は，ミネラルの不足による頭部骨を中心とした各種の形態異常および各種農薬による鰓蓋欠損などの鰓蓋形態異常を報告している。症例15 (Plate XXII, Fig. 3, 4) は，眼下骨，鰓蓋骨などの異常を除くと，頭骨および脊椎骨，各鰭，担鰭骨などに顕著な異常が認められない点では，佐藤ら (1972)[24] のマダイの稚魚の例に類似している。

以上，今回検討した各症例にみられる主な症状ごとに議論を進めたが，海産魚の骨異常に関しては，現在のところ研究例も少く，各症例の原因を究明するには至らなかった。しかし，症状の検討を通じて，骨異常の原因として，イ）化骨の異常に基づく場合，ロ）化骨異常以外が主因となる場合，ハ），イ），ロ）の両者の複合による場合に大別され，海産の天然魚では，先天性のいわゆる奇形例は比較的少数であり，大部分は，後天的な骨異常であると認められた。

Dahlberg (1970)[25]は，米国 Georgia 州の沿岸での底引による漁獲物中の異常魚について検討しており，全漁獲物の0.06%に骨異常を認めている。我が国沿岸における骨異常の出現率などは明らかにされていない。

最近の我が国沿岸の農薬，重金属，ＰＣＢをはじめとする工業廃水，生活廃水による海水汚染の進行は著しいものがあり，全生活史を，沿岸，内湾，浅海で生活する各種魚類に及ぼす影響は，はかりしれないものがあろうと推察される。骨異常に関しても，農薬，重金属，工業廃水のある種のものは，単独でもその原因となり得ることが知られており，これら海水汚独因子と骨異常の関係も明らかにしなければならない。

今後は，さらに多くの症例を検討すると同時に，骨組織を中心とした病理組織学的な検討を行なう必要がある。また，カルシウム代謝とも関連し，病態生化学的研究も併せて進める必要があろう。さらに，骨組織以外の硬組織である歯，鱗，耳石などの異常も同時に検討することは，症状を総合的に把握する上で有効であろう。海産魚類の骨異常に関しては，本報告では触れなかったが，各養殖魚で多数の例が知られており，これら養殖魚の骨異常の原因究明のための研究により，天然の海産魚骨異常の原因の一端が明らかにされよう。

4. 要　　約

天然の海産魚９種，16症例，37標本の骨異常例を，主としてＸ線検査により検討し，以下の点を明らかにした。

(1) 同一症例においても，多種多様な骨症状を呈する例がある。

(2) 主な症状としては，イ）脊椎骨々折，ロ）脊椎骨屈曲，ハ）脊椎骨融合，圧平変形，ニ）額骨膨隆を

中心とする頭骨異常，ホ）眼下骨，鰓蓋骨を中心とした頭部膜骨の異常，ヘ）外傷による尾椎以後の欠損などである。

(3) 各症状別に，他の魚種での骨異常例との比較検討を行った。

5. 謝　　辞

本報告に際し，貴重な資料をご提供下さった広島県水産試験場をはじめ，関係各位および資料，文献などのご配慮をいただいた，南西海区水産研究所資源部山口義昭，高森茂樹両技官に厚くお礼を申し上げる。本研究のご指導を賜った広島大学水畜産学部村地四郎教授，「汚染海域における魚類の生理異常に関する研究」グループ各位，および南西海区水産研究所増殖部，藤谷超室長，野上和彦室長に深謝する。魚体測定，写真撮影，現像などにご助力いただいた曽我梶枝さんに感謝する。

文　　献

1）Dawson, C. E., 1964: A bibliography of anomalies of fishes. Gulf Res. Rept., 1, 308—399.

2）————, 1966: A bibliography of anomalies of fishes-supplement 1. Gulf Res. Rept., 2, 169—176.

3）堀田秀之，1961：日本産硬骨魚類の中軸骨数の比較研究，研究成果５，農林水産技術会議事務局，

4）高橋善弥，1962：瀬戸内海とその隣接海域産硬骨魚類の脊梁構造による種の査定のための研究，内海区水研報告第16号，１—198.

5）山田鉄雄，1961：マアジの椎体長曲線の研究，長崎大学研究報告．第10号，192—211.

6）————，1961：硬骨魚の椎体長曲線について，日本水産学会誌，27巻６号，510—515.

7）多々良薫・山口義昭・林知夫，1962：脊椎骨椎体長による体長体重原のための研究，内海区水研報告第16号，199—228.

8）森浩一郎・窪田三朗，1972：数種の農薬のボラに対する毒性，昭和47年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，249.

9）窪田三朗・小島清一・石田昭夫，1970：サルファ剤の副作用，魚病研究第４巻第２号，98—102，魚病研究談話会，

10）藤谷超，1963：爆発物によって漁獲された魚類に見られた症状，水産増殖第11巻第３号，167—175，水産増殖談話会，

11）村上恭祥，1972：コイの体形異常（奇形）に関する総括的検討，調査研究報告（鯉の病害研究特集）№11，48—57，広島県淡水魚指導所，

12）北村佐三郎，1969：ニジマスのビタビンC欠乏症概説，魚病研究第３巻第２号，73—92，魚病研究談話会，

13）宮本純之，1971：有機リン殺虫剤と環境保全(1)，防虫科学36巻３号135—158.

14）————，1971：有機リン殺虫剤と環境保全(2)，防虫科学36巻４号189—218.

15）Sinderman, C.D., 1970: Principal diseases of marine fish and shellfish 74—79 Academic press New York and London,

16）松里壽彦，1972：マダイ種苗生産過程における病害防除に関する研究，昭和46年度別枠研究成果，200—202，備後灘周辺漁場開発プロジェクト・チーム，

17）Templeman, W., 1965: Some abnormalities in skates (Raja) of the Newfoundland Area, J. FISH. RES. Bb. CANADA, 22(1), 237—238.

18）Halver, J. E., • Shanks, W,E., 1960: Nutrition of Salmonoid fishes Ⅷ. Indispensable amino

acids for sockey salmon, J.Nutrition, 72, 340—346.
19) 村上恭祥, 1967：コイ稚魚に発生する頭部変形の研究, 魚病研究第2巻第1号 魚病研究談話会,
20) Duijn, C.V., 1967 : Diseases of fishes. 163—171. London. Iliffe Books LTD.
21) Cheek. R.P., 1965 : Pugheadedness in an American shad. Trans. Amer. Fish. Soc. 94(1), 97—98.
22) Goodwin. W.F., · Vaughn. T.L., 1968 : Anadult pugheaded American shad *Alosa sapidissima*. Trans. Amer. Fish. Soc. 97, 50.
23) Isaacson. P. A., 1965 : Pughedednss in the black perch, *Embiotoca jackson:*, Trans. Amer. Fish. Soc. 94. (1), 98.
24) 佐藤正明・伏見徹・高山晴義・増村和彦, 1972：稚仔魚期の飼料開発に関する研究, 昭和46年度別枠研究成果, 206—220, 備後灘周辺漁場開発プロジェクト・チーム.
25) Dahlberg, M. D., 1970 : Frequencies of abnormalities in Georgia estuarine fishes. Trans. Amer. Fish. Soc. 1970, 1970, No. 1. 95—97.

Explanation of the plates

PIate I.

Fig. 1. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) with crooked spine. (sample 1.)
Fig. 2. Dorsal view.
Fig. 3. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) with crooked spine. (sample 2.)
Fig. 4. Dorsal view.
Fig. 5. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) in skoliosis. (sample 3-1, 2, 3.)
Fig. 6. Dorsal view.
Fig. 7. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) in skoliosis. (sample 3-4, 5, 6.)
Fig. 8. Dorsal view.

PIate II.

Fig. 1. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) in skoliosis and kyphosis. (sample 3-7, 8, 9, 10, 11, 12.)
Fig. 2. Dorsal view.
Fig. 3. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) with crooked spine. (sample 4-2.)
Fig. 4. Dorsal view.
Fig. 5. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) in lordosis. (sample 4-4.)
Fig. 6. Dorsal view.
Fig. 7. Larteral view of "Mabora" (Mugil cephalus) with crooked spine. (sample 4-5.)
Fig. 8. Dorsal view.

PIate III.

Fig. 1. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) with crooked spine. (sample 5.)
Fig. 2. Dorsal view.
Fig. 3. Lateral view of "Mabora" (Mugil cephalus) short-tailed. (sample 6.)
Fig. 4. Dorsal view.
Fig. 5. Lateral view of "Suzuki" (Lateolaborax japonicus) with crooked spine. (sample 7.)
Fig. 6. Dorsal view.
Fig. 7. Lateral view of "Suzuki" (Lateolaborax japnicus) with remarkably crooked spine. (samale 7.)
Fig. 8. Dorsal view.

PIate IV.

Fig. 1. Lateral view of "Suzuki" (Lateolaborax japonicus) in pugheadedness. (sample 9.)
Fig. 2. Dorsal view.
Fig. 3. Lateral view of "Kurodai" (Mylio macrocephalus) in tailless. (sample 10.)
Fig. 4. Dorsal view.
Fig. 5. Lateral view of a hunch-backed "Nezumigochi" (Callionymus richardsoni). (sample 11.)
Fig. 6. Dorsal view.
Fig. 7. Lateral view of" Umazurahagi" (Navodon modestus) in short-tail. (sample 12.)
Fig. 8. Dorsal view.

PIate V.

Fig. 1. Lateral view of a tailless "Mebaru" (Sebastes inerumis). (saple 13.)
Fig. 2. Dorsal view.
Fig. 3. Lateral view of "Kochi" (Platycephalus indicus) im pugheadedness. (sample 14.)
Fig. 4. Dorsal view.
Fig. 5. Left side view of "Kanagashira" (Pleuronichthys cornutus) with deformation of opercles. (sample 15.)
Fig. 6. Right side view.
Fig. 7. Dorsal view.
Fig. 8. Left side view of "Ishigarei" (Kareius bicoloratus) with crooked spine. (sample 16.)
Fig. 9. Right side view.

PIate VI.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugii cephalus) with curvature of the vertebral column. (sample 1.)
Fig. 2. Lateral view.

PIate VII.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with curvature of the caudal vertebrae. (sample 2.)
Fig. 2. Lateral view.

PIate VIII.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with a partial curvature of the vertebral column. (sample 3-1.)
Fig. 2. Lateral view.
Fig. 3. Dorsal view. of "Mabora" Mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample 3-2.)
Fig. 4. Lateral view.
Fig. 5. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephals) with a partial osteoclasis. (sample 3-3.)
Fig. 6. Lateral view.

PIate IX.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample 3-4.)
Fig. 2. Lateral view.
Fig. 3. Dorsal view of "Mabora" (mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample 3-5.)
Fig. 4. Lateral view.
Fig. 5. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample

3-6.)

Fig. 6. Lateral view.

PIate X.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample 3-7.)

Fig. 2. Lateral view.

Fig. 3. Dorsal view of "Mabora" (Mugilu cegilu cephalus) with a partial cuvature of the vertebral column. (sample 3-8.)

Fig. 4. Lateral view.

Fig. 5. Dorsal view of "Mabora" (Mugilu cephalus) with a partial curvature of the vertebral column. (sample 3-9.)

Fig. 6. Lateral view.

PIate XI.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with slightly crooked spine. (sample 3-10.)

Fig. 2. Lateral view.

Fig. 3. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with slightly crooked spine. (sample 3-11.)

Fig. 4. Lateral view.

Fig. 5. Dorsal view of "mabora" (Mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample. 3-12.)

Fig. 6. Lateral view.

PIate XII.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with slightly crooked spine. (sample 4-1.)

Fig. 2. Lateral view.

Fig. 3. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with deformed and broken vertebrae. (sample 4-2.)

Fig. 4. Lateral view.

PIate XIII.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample 4-3.)

Fig. 2. Lateral view.

Fig. 3. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with slightly crooked spine. (sample 4-4.)

Fig. 4. Lateral view.

PIate XIV.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with crooked spine. (sample 4-5.)

Fig. 2. Lateral view.

Fig. 3. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with slightly curvature of the vertebral column. (sample 4-6.)

Fig. 4. Lateral view.

Fig. 5. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with a partialy dislocated vertebral column. (sample 4-7.)

Fig. 6. Lateral view.

PIate XV.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil sephalus) with slightly curvature of the vertebral column. sample 4-8.)

Fig. 2. Lateral view.

Fig. 3. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with a partial osteoclasis. (sample 4-9.)
Fig. 4. Lateral view.
Fig. 5. Dorsal view of normal "Mabora" (Mugil cephalus).
Fig. 6. Lateral view.

PIate XVI.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with strongly crooked spine. (sample 5.)
Fig. 2. Lateral view.

PIate XVII.

Fig. 1. Dorsal view of "Mabora" (Mugil cephalus) with compression or fusion vertebrae. (sample 6.)
Fig. 2. Lateral view.
Fig. 3. Lateral view of "Kurodai" (Mylio macrocephalus) with crooked spine. (sample 10.)

PIate XVIII.

Fig. 1. Dorsal view of "Suzuki" (Lateolabrax japonicus) with crooked spine. (sample 7.)
Fig. 2. Lateral view.

PIate XIX.

Fig. 1. Lateral view of "Suzuki" (Lateolabrax japonicus) with crooked spine. (sample 8.)

PIate XX.

Fig. 1. Dorsal view of "Suzuki" (Lateolabrax japonicus) in pugheadedness. (sample 9.)
Fig. 2. Lateral view.

PIate XXI.

Fig. 1. Dorsal view of "Nezumigochi" (Callionymus richardsoni) with crooked spine. (sample 11.)
Fig. 2. Lateral view of "Umazurahagi" (Navodon modestus) with compression or fusion vertebrae. (sample 12.)

PIate XXII.

Fig. 1. Dorsal view of "Mebaru" (Sebastes inermis) in tilless. (sample 13.)
Fig. 2. Lateral view.
Fig. 3. Dorsal view of "Kanagashira" (Lepidotrigla microptera) with deformed opercles. (sample 15.)
Fig. 4. Lateral view.

PIate XXIII.

Fig. 1. Dorsal view of "Kochi" (Platycephalus indicus) in pugheadedness. (sample 14.)
Fig. 2. Lateral view.

PIate XXIV.

Fig. 1. Lateral view of "Ishigarei" (Kareius bicoratus) with crooked spine. (sample 16.)

PLATE I

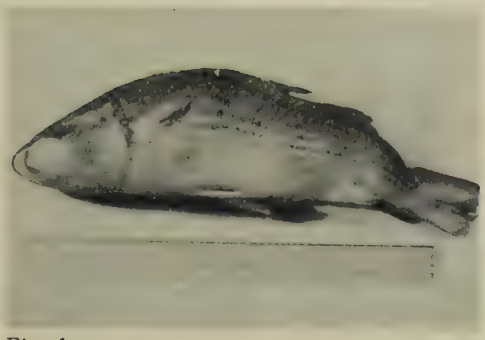


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

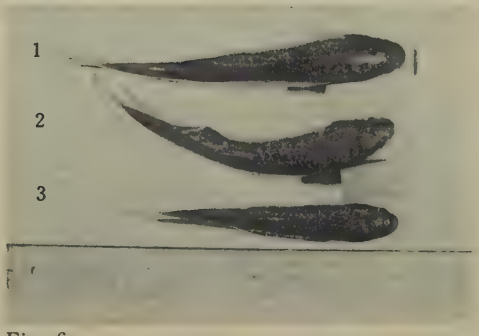


Fig. 6.

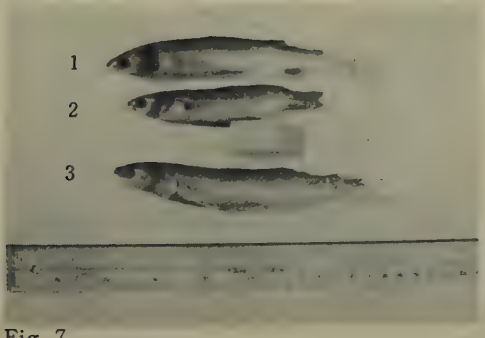


Fig. 7.

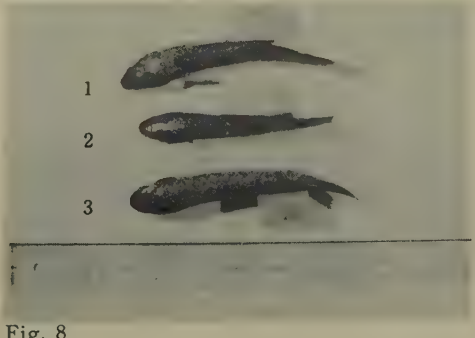


Fig. 8.

PLATE II

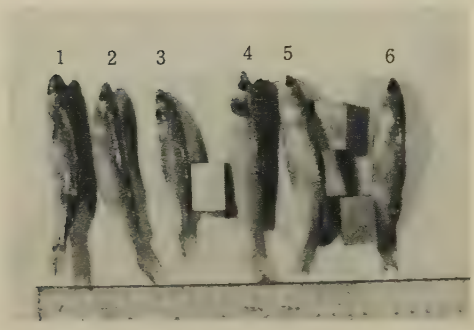


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

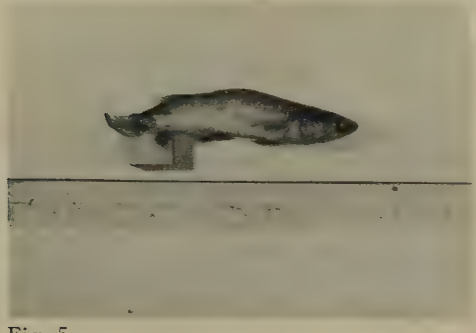


Fig. 5.

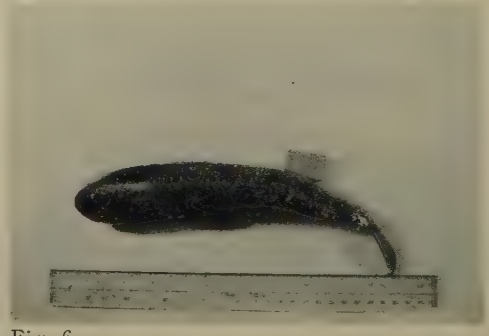


Fig. 6.

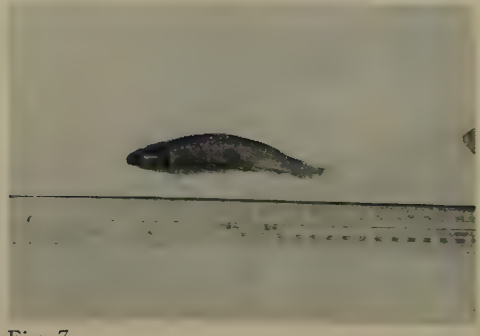


Fig. 7.

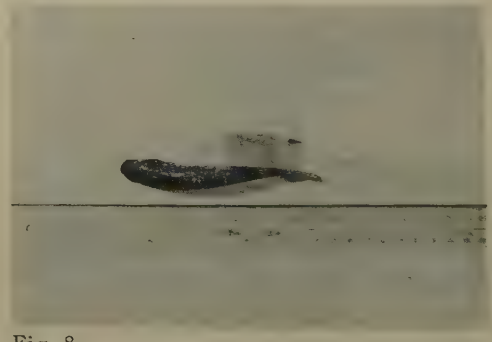


Fig. 8.

PLATE III

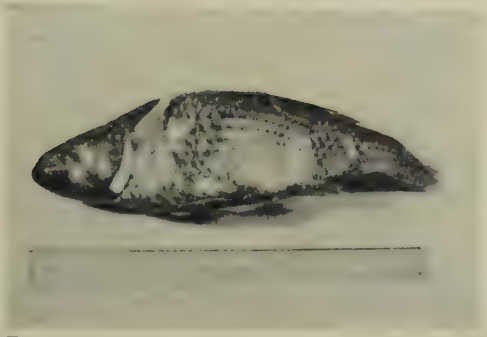


Fig. 1.

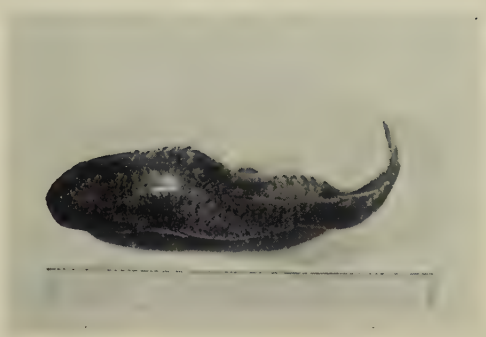


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

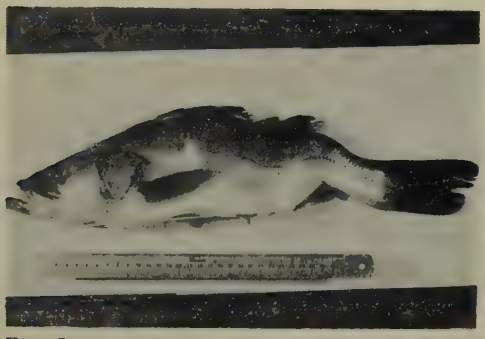


Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

PLATE IV

Fig. 1.

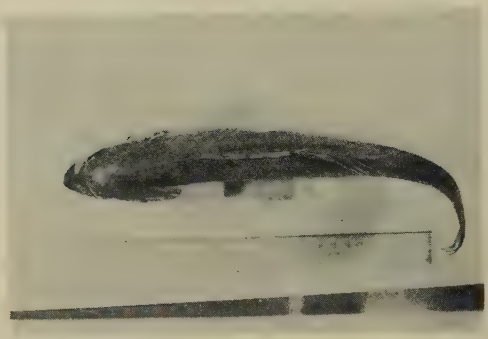


Fig. 2.

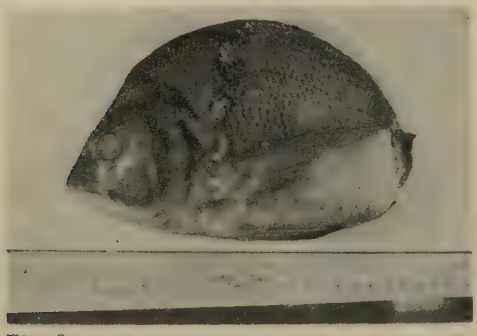


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

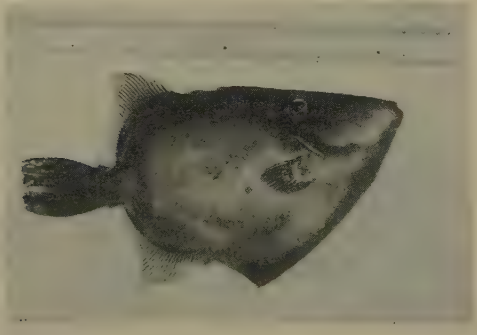


Fig. 7.

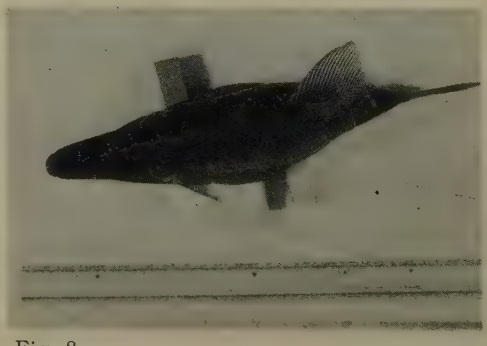


Fig. 8.

PLATE V

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

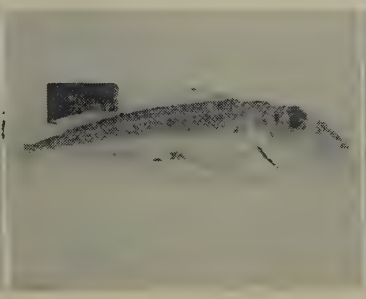


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

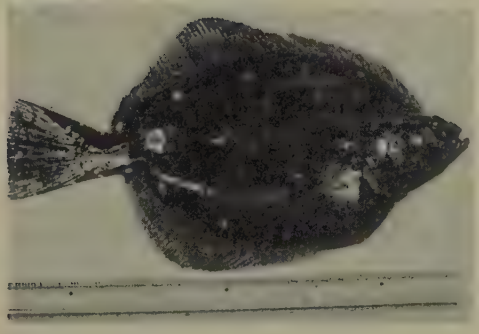


Fig. 9.

PLATE VI

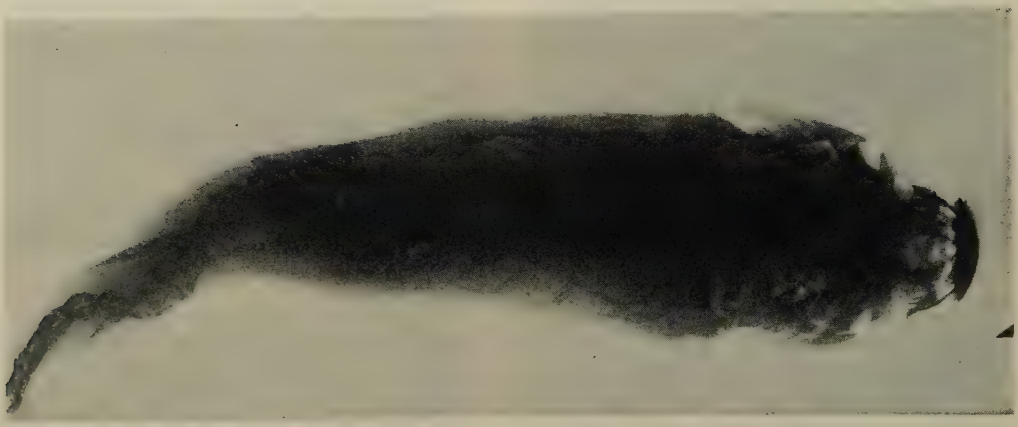


Fig. 1.

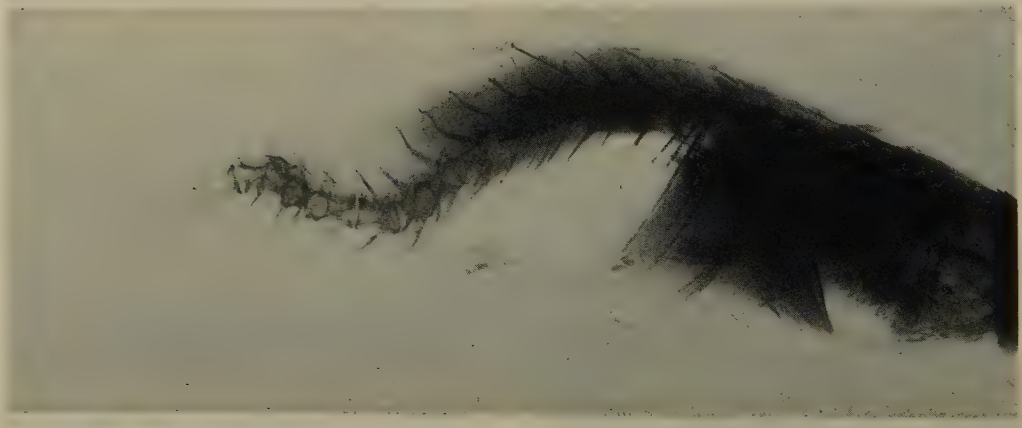


Fig. 2.

PLATE VII

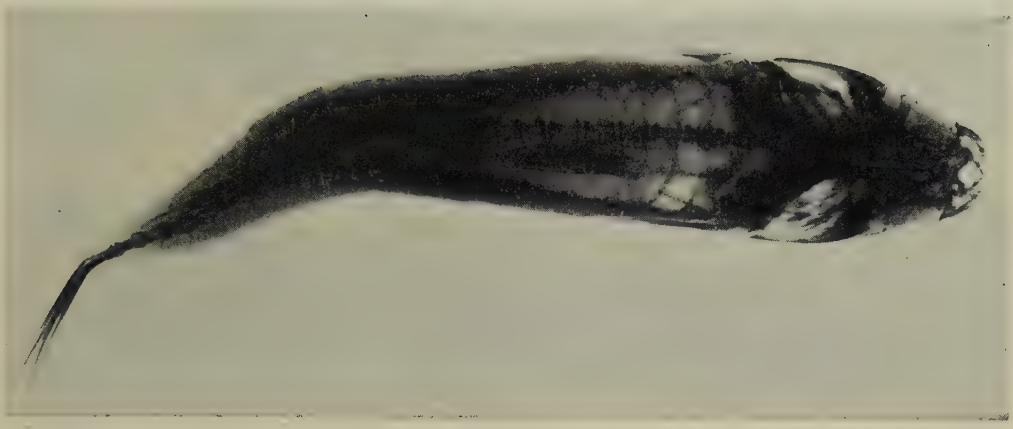


Fig. 1.

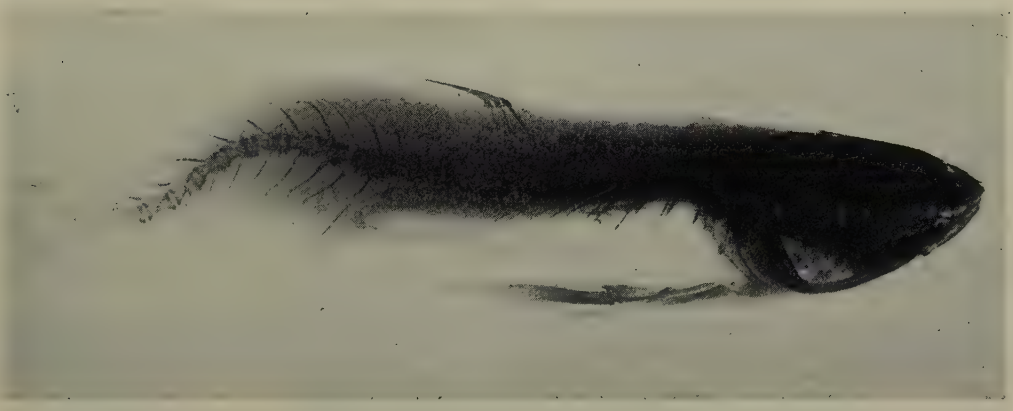


Fig. 2.

PLATE VIII

Fig. 1.

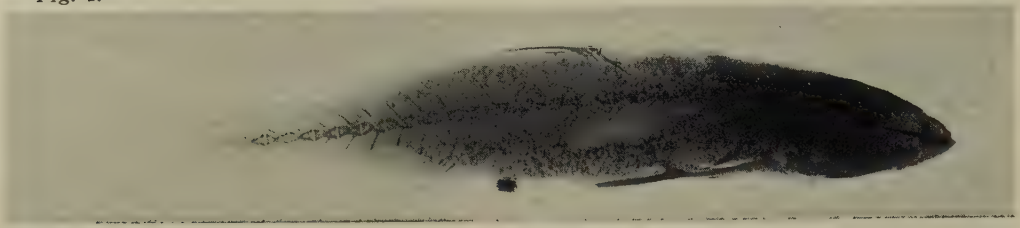


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

PLATE IX

Fig. 1.

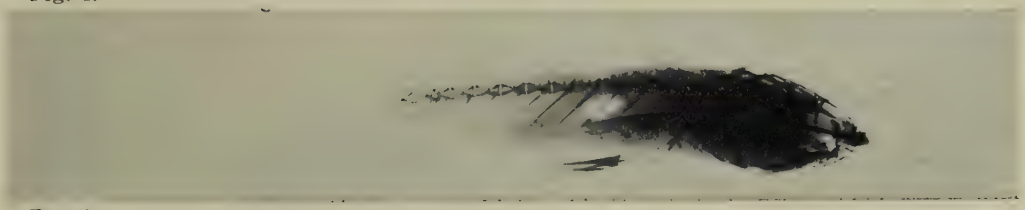


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

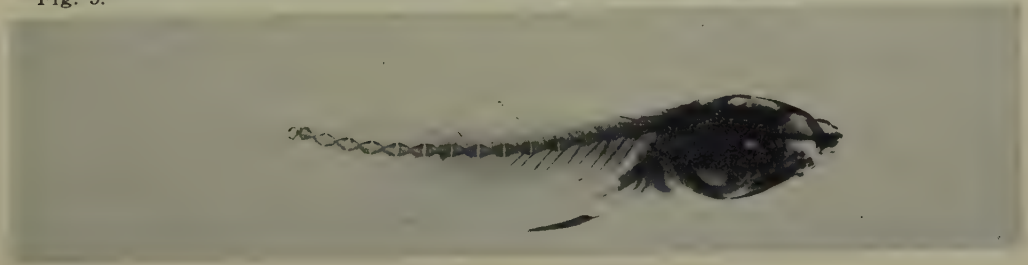


Fig. 6.

PLATE X

Fig. 1.

Fig. 2.

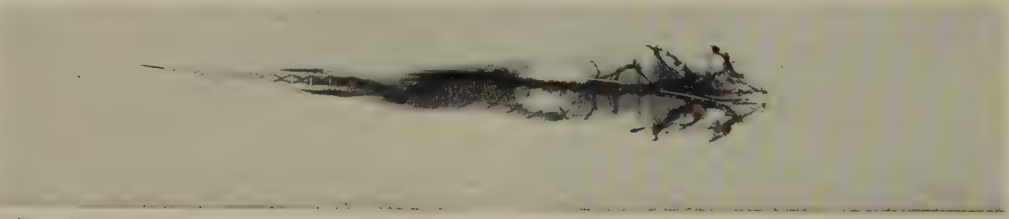


Fig. 3.

Fig. 4.

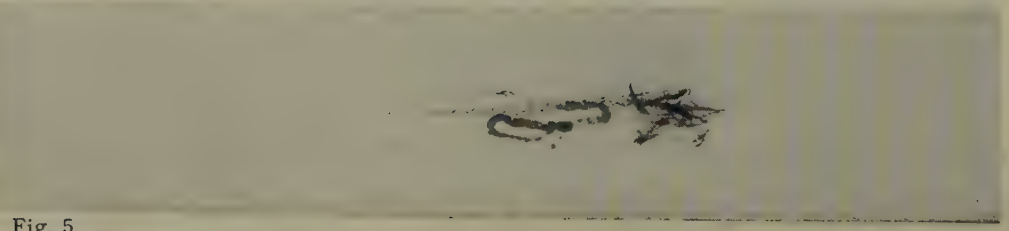


Fig. 5.

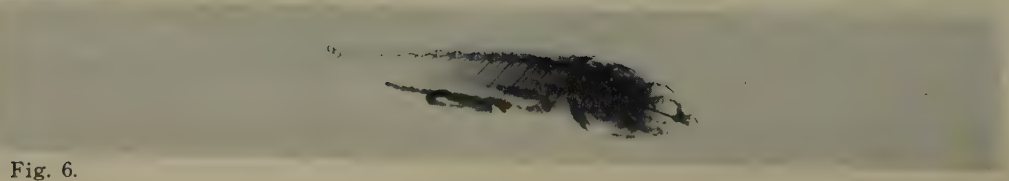


Fig. 6.

PLATE XI

Fig. 1.

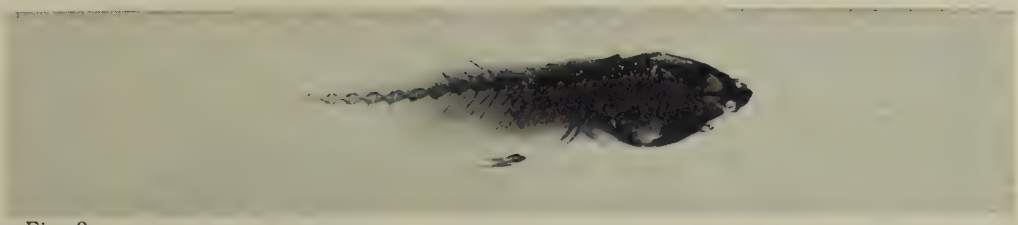


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

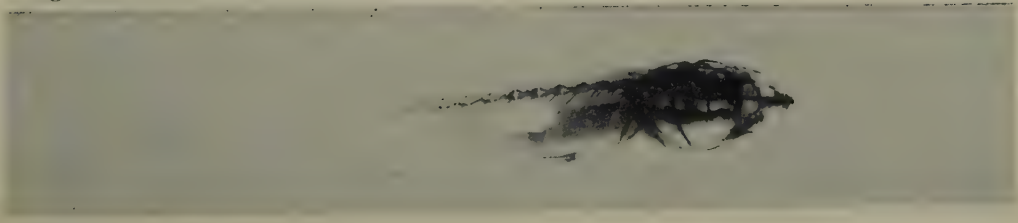


Fig. 6.

PLATE XII

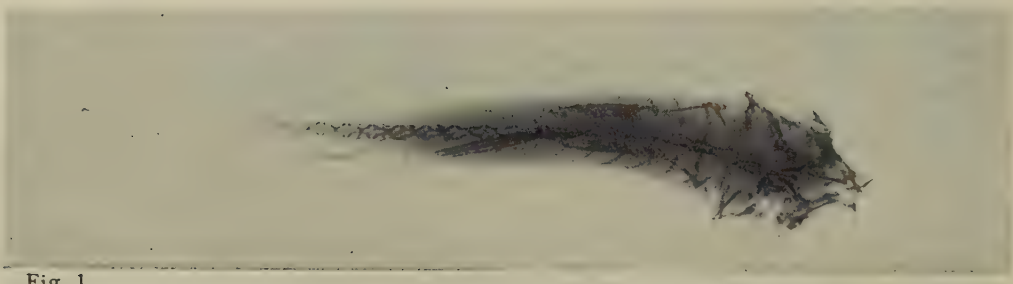


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

PLATE XIII

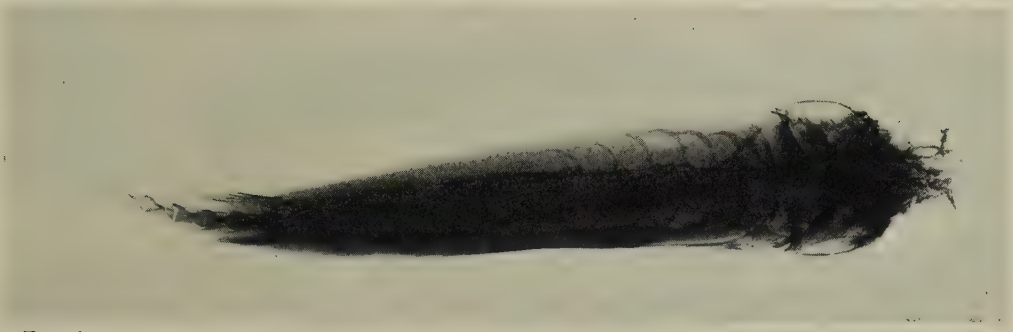


Fig. 1.

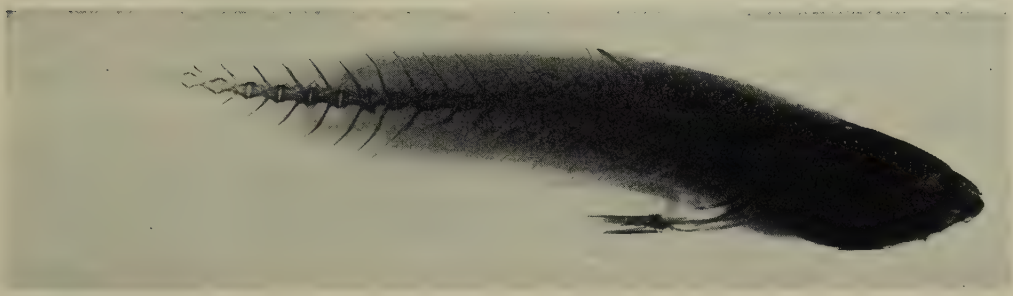


Fig. 2.

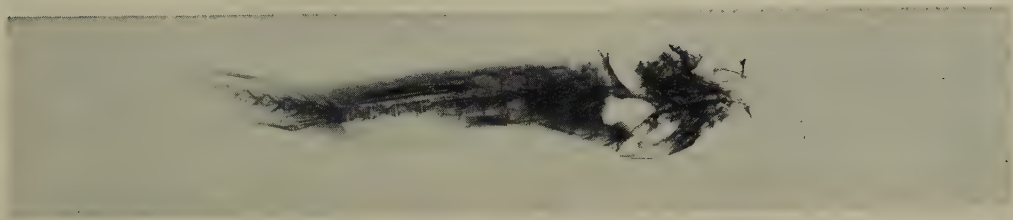


Fig. 3.

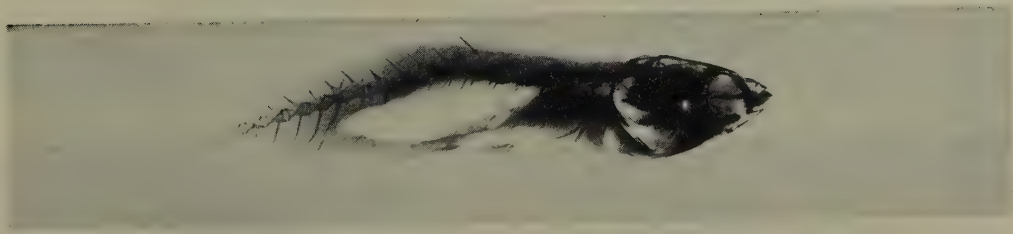


Fig. 4.

PLATE XIV

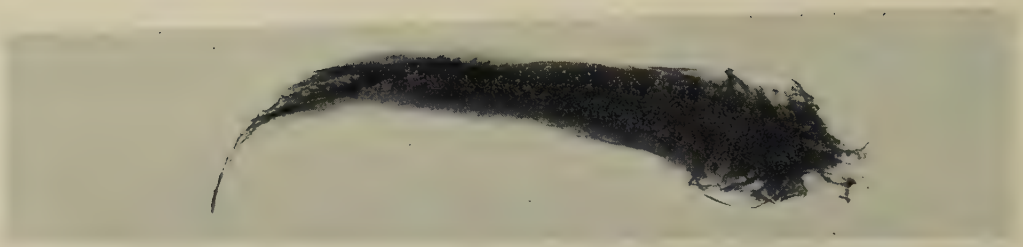


Fig. 1.

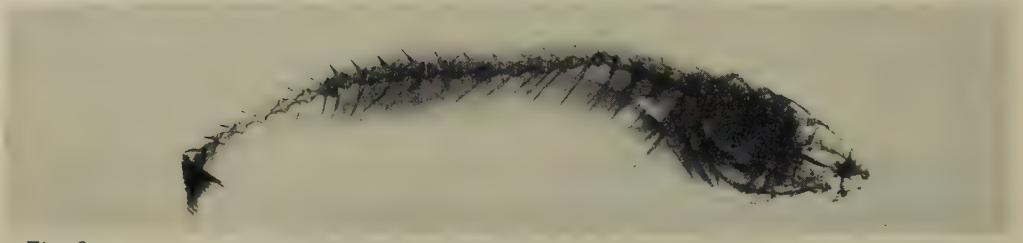


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

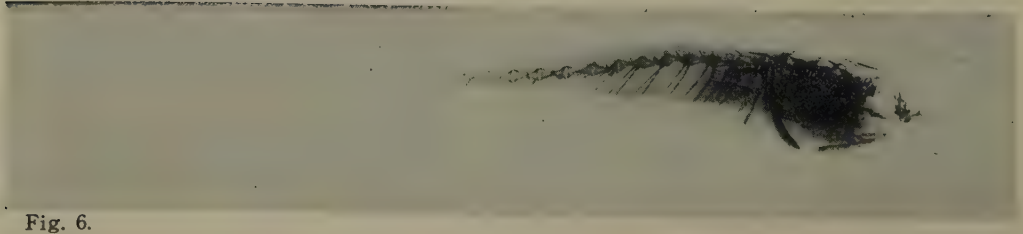


Fig. 6.

PLATE XV

Fig. 1.

Fig. 2.

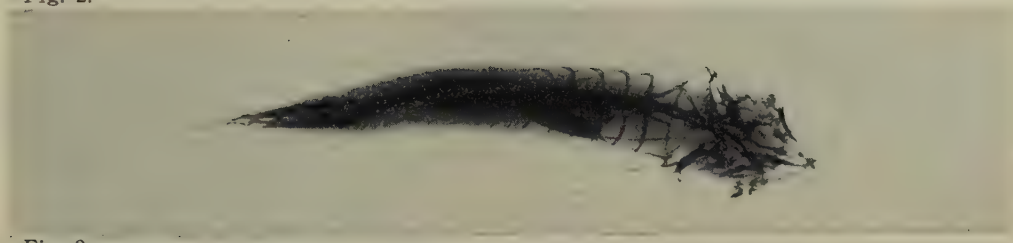


Fig. 3.

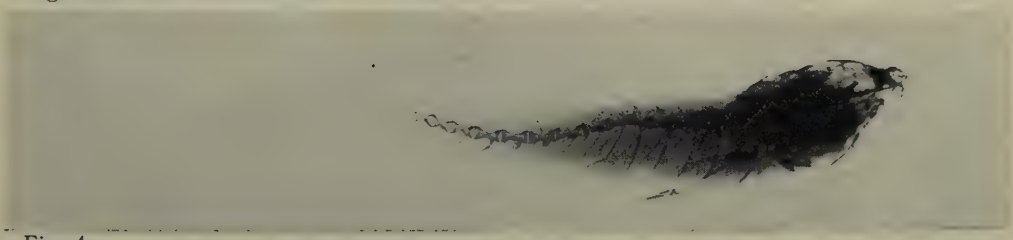


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

PLATE XVI

Fig. 1.

Fig. 2.

PLATE XVII

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

PLATE XVIII

Fig. 1.

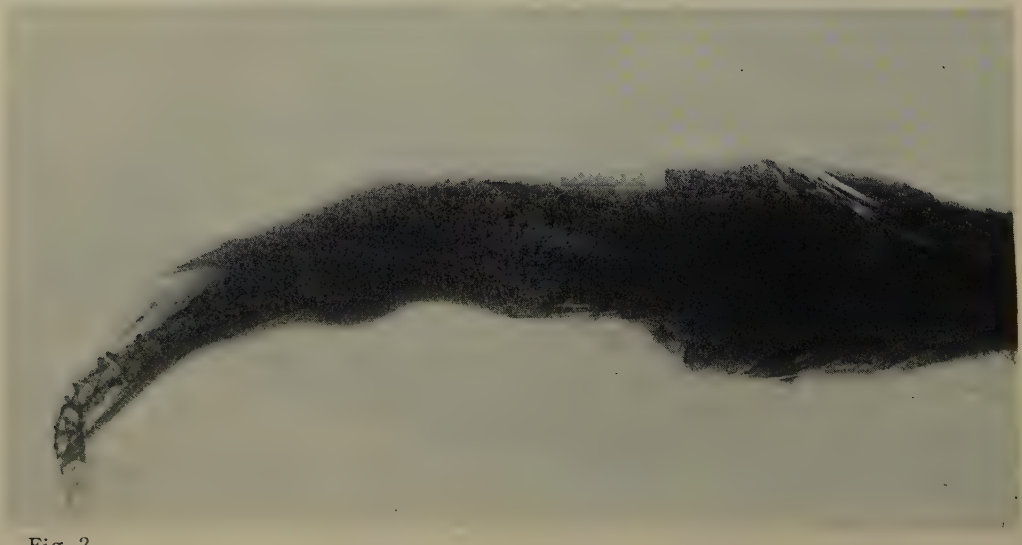


Fig. 2.

PLATE XIX

Fig. 1.

PLATE XX

Fig. 1.

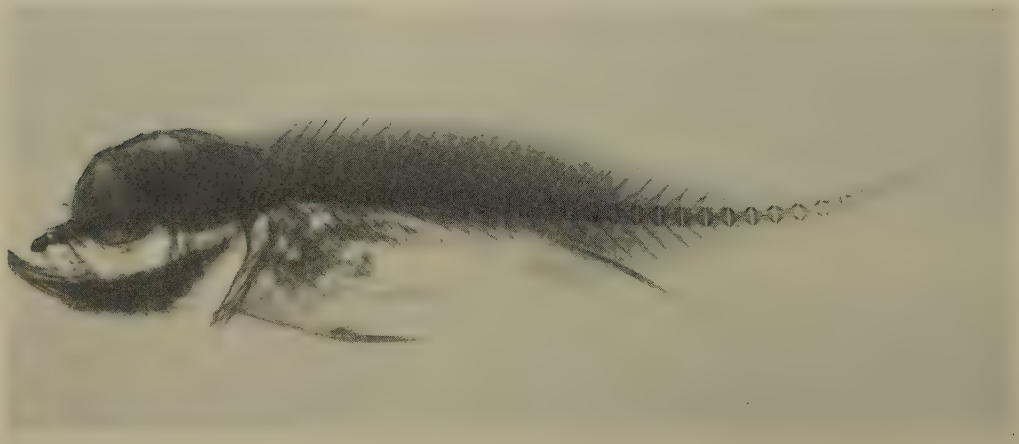


Fig. 2.

PLATE XXI

Fig. 1.

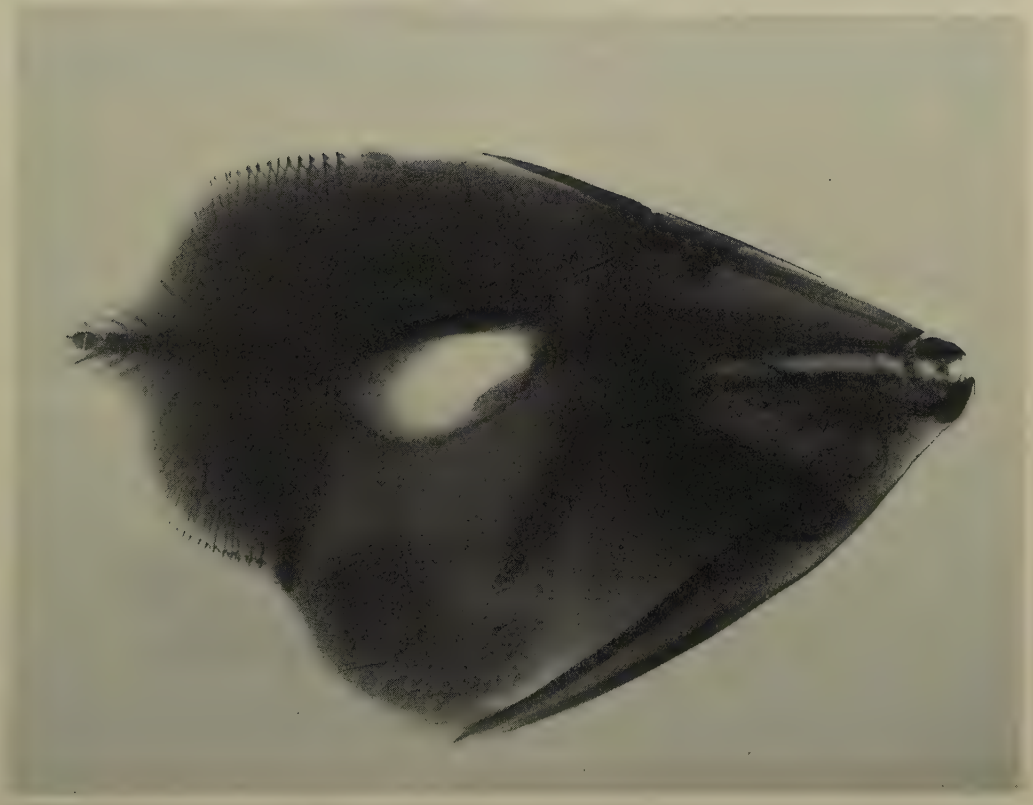


Fig. 2.

PLATE XXII

Fig. 1.

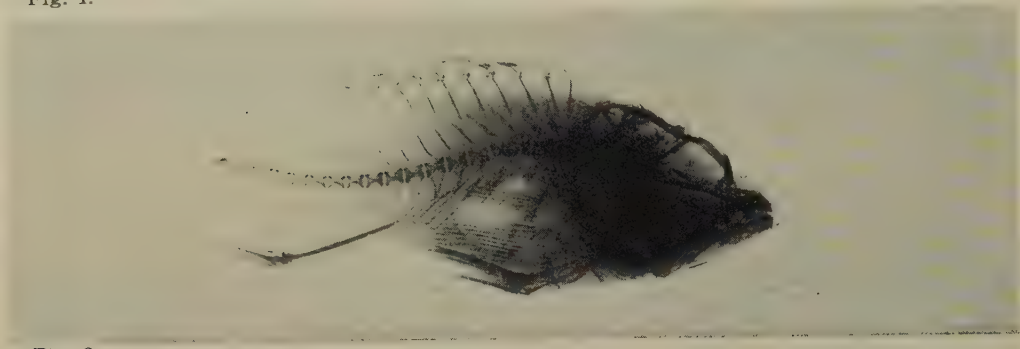


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

PLATE XXIII

Fig. 1.

Fig. 2

PLATE XXIV

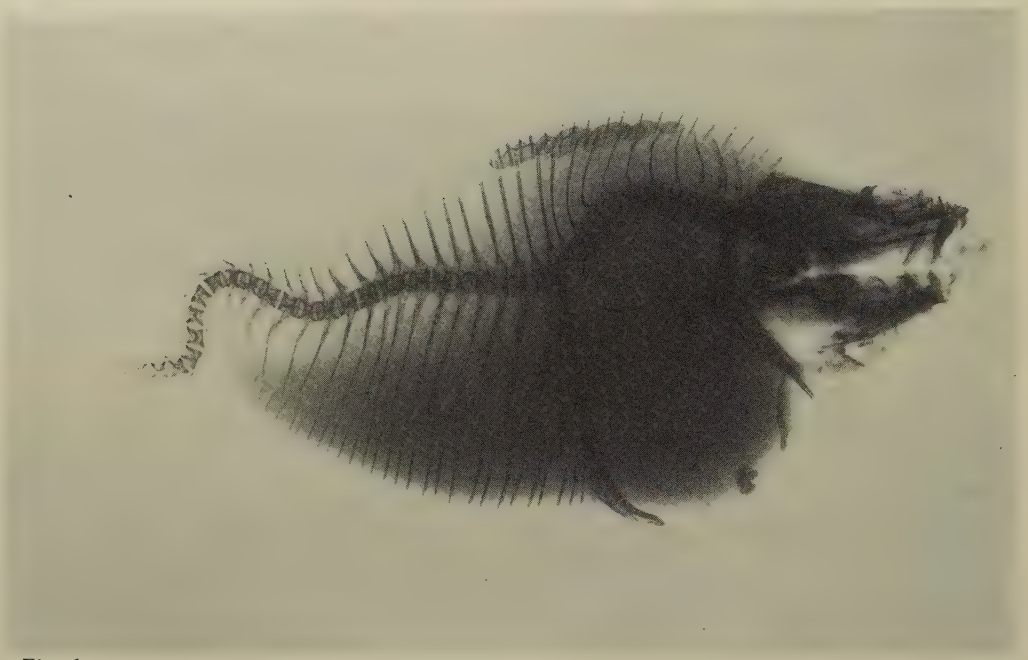


Fig. 1.

クルマエビ人工種苗の生理生態に関する研究

石　岡　宏　子

The Studies on Some Ecological and Physiological Characteristics of Artificial Seedlings of Prawn, *Penaeus jaonicus* BATE

Hiroko ISHIOKA

In recent years, numerous technical improvements for prawn seedling production for marine farming become so successful, and juvenile prawn are being released in the coastal shallow waters to expect the increase of the fishery product.

Despite the long history of the prawn culture in Japan, little is known about the biology of the species, and there is few biological proof of the succcess of the releasing program. For the successful farming, fundamental biological characteristics of this prawn has to be revealed as the first step.

Materials used for the experiment were obtained from the propagation facilities. The seedlings were brought in the laboratory on truck, and were kept in a tank of 0.5 ton capacity with water circulating system, and then were moved in the concrete aquarium of running water. Then, some ecological and physiological experiments have been carried out on the different stages of the growth and the following results were obtained;

(1) The relationships between the body length and the body weight of this species are shown in the following expression.

$$W = \frac{1}{0.00495} L^{3.199} \qquad (1)$$

W : Body Weight (mg)
L : Body Length (mm)

The condition factors were also estimated by the following formula; Body Weight (mg)/Body Length^3 (mm) X 10^4, and the condition factors estimated on the prawn were 5.8 at the size of 0.6-0.8cm in body length, 4.1 at 0.8-1.0cm, 8.6 at 1.0-1.2cm, 9.1 at 1.2-1.4cm and 9.1 at 1.4-1.6cm. These results show that the factors rise with the growth from the stage of 0.8cm to 1.0cm of body length.

(2) The carbon and nitrogen contents in the prawn were measured with C. H. N. analyzer (YANAGIMOTO MT2 type C. H. N.-corder) and carbon-nitrogen ratios were estimated. They were 4.6 at the size of 0.6-0.8cm in body length, 4.3 at 0.8-1.0cm, 3.8 at 1.0-1.2cm and 3.9 at 1.2-1.4cm. The C-N ratio of the prawn is markedly decreased with the growth at the stage of about 1cm body length.

This result may suggest that the occupancy of the cuticle for the weight of the prawn is changed, and the difference of the ratio in each stage does not depend upon the negative physiological condition.

(3) The experiments on the resistance of the juvenile to low chlorinity were carried out at a few growth stage and 24hr. TLm values were evaluated. They ranged fron 1 ‰ to 2 ‰ in chlorinity and did not deviate from this range with growth. The 24hr. TLm value rised at higher temperature, and it is shown that

昭和48年5月28日受理　南西海区水産研究所業績36号

the weak resistance to low chlorinity should be brought to the prawn in high water temperature.

(4) The experiments were performed about the high water temperature resistance. It was revealed that in the juveniles of 1.0cm body length, the 24hr. TLm values of several trials ranged from 38°C to 39°C. The values were in the broad range from 34°C to 39°C at the stage of 2.4cm body length. It is supposed that the resistance to high water temperature becomes weaker with the growth.

The TLm values estimated with the condition of rapid water temperature change was different from that with the gradual change in low temperature below 15°C. It may show that acclimation would be possible to expect the stronger resistance for low water temperature.

(5) The burrowing behavior in the substrate on the prawn was appeared at about 0.8cm body length stage. And then, from this stage to 2.5-3.0cm body length stage, the nocturnal habit was gradually appeared.

This burrowing behavior and burrowing rate are affected by light, starvation, grain size distribution of the substrate and so on.

(6) In the case of the feeding experiments with the brine shrimp adults as food, the relationships between the growth of the prawn and the food required were as follows;

$$Y = 0.82182X^{1.7469} \quad (2)$$

Y : Food (mg) required for 1mm Body Length Growth

X : Body Length (mm)

As the prawn grew to 3cm body length, habit of periodical food intake was clearly appeared and the amount of food intake was in the decrease immediately after ecdysis.

(7) The cannibalism may occur to the prawn when the variation of the physiological actitviy of shrimps is great. So, long period starvation and some unfavorable culture conditions such as the long exposure to high water temperature or low chlorinity may cause the cannibalism and high mortality on the prawn.

The results obtained in this research were discussed with other information on the behavior of this prawn and the development of the seedling follows three stages, namely, free swimming stage (~0.9cm), transitional stage (0.9~2.5—3.0 cm) and benthic stage (3.0~). The seedlings are equivalent actually to this transitional stage in the present technique. The larvae of benthic stage have almost same habits as the adults have, and typical characteristics such as nocturnal, burrowing into the sand, stronger resistance to water current and periodicity of food intake and so on, are appeared exactly. However, on the larvae of free swimming stage, their biological characteristics are much different in comparison with the adults, meaning also different from benthic stage. Therefore, on the transitional stage, their characteristics are quite complicated biologically and are unstable as the quality of seedling. Thus, the application of prawn seedling for releasing program of the farming should be done with careful consideration from the biological view points.

So, some acclimation and naturalization techniques are applied and the reformation of the farming grounds are in progress on research to realize more effective farming. These trials are quite suitable and helpful for the improvement of the technique the remarkable development could not be expected without the knowledge and the information of ecology and physiology on the species.

はじめに

ここ数年来，クルマエビの種苗生産技術は著しく進展し，多量の放流用種苗の供給が可能となった。一方で，栽培漁業という新しい生産形態が，漁業者，研究者の関心をひき，具体的な評価をしなければならない段階に入っており，クルマエビは，種苗供給の可能性，生産物の価格等の点から栽培漁業に適した水産生物であると考えられた。

この“種苗放流”→“自然界での成育”→“採捕”という栽培漁業の一連の過程の中で，生産効果の判定を行なわなければならないが，技術的には，生産過程における環境変化，生物自体の変化等を具体的に検討し，全体の生産性に大きな悪影響をおよぼす要因があれば，それを回避するか，あるいは，それを最少にする努力がなされなければならない。

ここでは，その第一段階として，放流種苗として供給される人工種苗について，生理生態学的諸実験を行ない，発育段階初期におけるクルマエビの生物学的特性を知ることによって種苗放流の在り方を推論しようとするものである。

材　　料

実験に用いたクルマエビ *Penaeus japonicus* Bate 人工種苗は，昭和45年度は瀬戸内海栽培漁業協会玉野事業場，昭和46年度，玉野事業場，藤永クルマエビ研究所，昭和47年度は，山口県水産種苗センター，藤永クルマエビ研究所で生産されたものである。15℃前後に冷やした海水10ℓを入れたビニール袋に2,000～5,000尾の種苗を収容して，酸素を吹きこみ，水産研究所まで陸上輸送した。この時のクルマエビの発育段階はミシス期からいわゆるポストラーバ初期である。輸送したクルマエビには，ブラインシュリンプ，チグリオパス，アサリ肉の細片等を与えて，ポストラーバ初期までは止水飼育，以後は，止水，または流水でそれぞれ飼育した。それぞれの実験に際しては，発育に応じて適宜とりあげ供試した。

研究方法については，各項目ごとに詳述する。

Ⅰ　体長，体重関係

Ⅰ－1　研究方法と結果

種苗サイズの稚エビを扱う場合，一般には，体長で表示されている。これを重量として検討することが必要な場合も多い。ここでは体長と体重の関係が成長に伴なってどのように変化するかを知ることを目的とした。各体長時期のクルマエビを適宜とりあげ，体長は，額角基部から尾節先端までをディバイダーを用いて1/10 mm まで測定し，体重については体表の水分を沪紙で軽くおさえて除いた個体を恒量にした秤量瓶に入れ，化学天秤で1/10mg の単位まで測定した。

両者の関係は下記の両対数直線回帰式によくあてはまる (Fig. 1)。

$$W = \frac{1.9601}{0.00496} L^{3.199} \quad (r = 0.99624) \quad (1)$$

［W：体重(mg)，L：体長(mm)］

体長と体重との関係をさらに細かく検討するために，肥満度〔体重(mg)/体長^3(mm)$\times 10^3$〕を算出し，体長別に集計して Fig. 2 に示す。この資料によれば肥満度は，体長1.2cm前後までは成長に伴なって増加するが，それ以後，4 cm前後まではほぼ安定して9～10の値を示している。体長1 cm前後までの変動係数が大きいのは，体長は比較的正確に測定できるのに対して体重は，水の附着による測定誤差が大であったためと考えられる。

飢餓によって肥満度にどの程度の変動が起るかを知るために，次のような実験を行なった。

各個体1尾ずつを内径1.1cm，長さ5 cmの塩化ビニール製円筒の中に入れ，両端にモジ網をはり，水は流

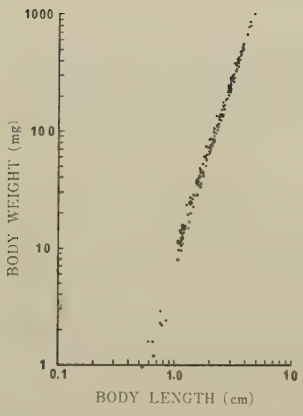


Fig. 1 The Relationship between Body Length and Body Weight on the Jnvenile Stage of the Prawn

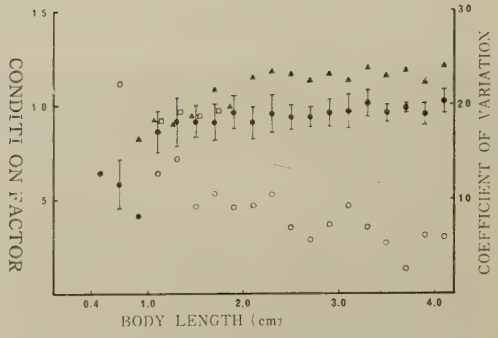


Fig. 2 Changes of Condition Factor and Coefficient of Variation with the Growth of Juvenile

- ● Condition Factor
- ▲ Condition Factor from Yamaguchi Pref.
- □ Condition Factor from Ishioka
- ○ Coefficient of Variation

入するが，クルマエビは逃げられないようにして流水中で飢餓条件下に放置した。飼育水中には特に認められる飼料は含まれてはいなかった。

肥満度の測定は前記のとおりである。所定期間後に取り上げた試料は体長，体重を測定後直ちに凍結し，真空凍結乾燥器に入れ重量変化がなくなるまで乾燥し，乾重量を測定した後，試料を摩砕し，C.H.N.コーダー（柳本製MT２型）により，C—N比の測定に供した。これらの結果を Table 1 に示す。

Table 1. Changes of Condition Factor, Water Content and C-N Ratio of the Juvenile during Starvtion

Period		Start	2 Days after	5 Days after	Control
Date		Aug. 2nd	Aug. 4th	Aug. 7th	
Number of Shrimps		30	23	37	30
Condition Factor	m.v.	—	8.42	9.62	8.90
	s. d.	—	0.659	2.420	0.763
	c. v.	—	7.83	25.17	8.57
Water Content (%)	m.v.	78.66	79.75	82.34	78.77
	s. d.	3.37	1.52	1.46	1.68
	c. v.	4.28	1.90	1.77	2.13
C-N Ratio	m.v.	3.70	3.58	3.57	3.76
	s. d.	0.11	0.04	0.07	0.12
	c. v.	3.03	1.21	2.10	3.19

この飢餓実験結果から明らかなように，クルマエビでは体重の中で，水分が増加し他の物質の減少を，おぎなう傾向が認められるので，肥満度は栄養指標としては不適当なようである。体長1.5cmから2.0cmの範囲

で，肥満度の変動係数は10%以下が普通であるのに，この実験では飢餓開始後5日目で25%以上の値をかしていた。

Ⅰ－2　考　察

Fig.2 中の肥満度に関する資料の中で▲印は，昭和43年度に行なわれた山口県水試の測定資料によって，体長別に肥満度を算出したものである。測定方法，精度等が異なるので厳密な比較は難かしいが，肥満度は成長に伴なって増加し，かつその変動係数は減少する傾向にあり，類似している。肥満度に変化が生ずるのは，体長0.9㎝前後で，後に述べるC－N比の変化する時期と一致している。肥満度に関しては，古く，山本[1]が，体長4㎝以上の個体について測定し，平均値としては，7前後の値を示している。今回測定した結果や，山口水試[2]，石岡(清実)の結果[3]等は，体長3㎝前後までの個体の測定結果で，9以上である。したがって肥満度に関しては，3㎝以上に成長した後でさらに変化があるかもしれないが体長の基準のとり方が異なる場合も想定され明らかではない。

Ⅱ　炭素－窒素比

Ⅱ－1　方法および結果

一般に生物の体成分組成を考えると，炭素は，炭水化物，脂肪に多く含まれ，窒素は，蛋白質，アミノ酸や，これらの誘導体の指標として考えることができる。

この炭素と窒素の比率を検討することによって，蓄積炭水化物，蓄積脂肪の変動を知ることができると考えた。

前述の飢餓実験の中で，肥満度算出のため重量測定した試料は直ちに C.H.N. 分析に供し，Table1 の結果を得ている。一方で，飼育エビの中から成長の段階に応じてとりあげ，同様に C.H.N. 分析を行なった。供試試料は，微量天秤で2～5 ㎎を精密に測定し，柳本製 C.H.N. コーダー（MT 2 型）で測定した。

クルマエビには蓄積脂肪，炭水化物は少ないとされている。Table 1 に見られるようにC－N比は飢餓に伴なって減少するが，この変化は極めて小さい。一方，正常個体の成長に伴なうエビのC－N比の変化は，体長約1㎝まで著しく減少し，その後の減少は極めて少ない。(Fig. 3)。

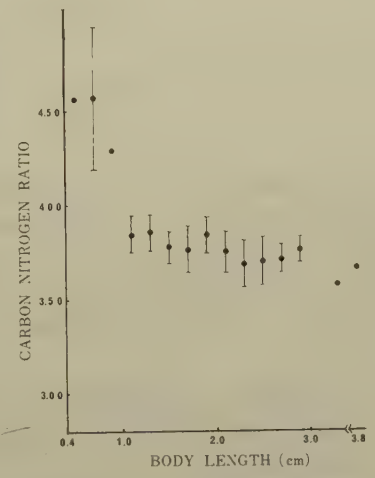


Fig. 3　Changes of C-N Ratio of Juvenile Prawn on the Different Growth Stages.

Ⅱ－2　考　察

C.H.N. コーダーで，餌生物のC－N比を測定した例は少ないが，brine shrimp の成長した個体の平均は4.45であり，上田[4]が測定したノウプリウス期で，4.2であった。

この値はクルマエビの体長1㎝以下の時期の場合と類似している。共に浮游生活という生活様式も類似しており，興味深い。甲殻類の表皮にはクチクル層が分化し，無機物としては，炭酸カルシウム，有機物としては，Chitin 質が多い。共にその構成物中には，炭素成分を多量に含んでいる。Dall[5]によれば，*M. mastersii* の場合，表皮は，無機物38.7%～51.7%，有機物61.3%～48.3%で無機物中の約20～30%が，CO_3 成分，有機物中の33～34%がChitin 質であるという。クルマエビの場合，このような点についての分析例はないが，甲殻として，クチクル層が分化しているのは当然であろうし，成長に伴なって一時期，C－N比が大きく変わる時期があるという結果を今回の実験で得た。すなわち，体長1㎝前後になってはじめて体実質の増加が安定し，底棲生活ができるような状態になるのであろう。

肥満度と対応した変化を示すのは，そのような理由によるのではないかと推測される。

Ⅲ　塩分耐性について

Ⅲ－1　方法と結果

一般にクルマエビ類は広塩分耐性生物であることが知られており，クルマエビが干潟に棲息しうる一つの条件となっている。事前に実施した予備的な実験から蒸溜水を用いて50%以上に稀釈した海水で，何らかの影響が予測されたので，大野瀬戸海域の沪過海水と蒸溜水を混合し，50%以上の稀釈海水を調製して実験を行なった。実験には，5ℓ，8ℓのガラス水槽を用い，3ℓの各種塩分の稀釈水を入れ，約12～18時間，水温が一定（22℃）になるように恒温室に放置した。実験は止水で行ない，クルマエビは大きさに応じて10～20尾を供試した。収容直後，1時間後，24時間後に，行動の異常，斃死の観察を行なった。実験に用いた飼育水の塩分は海水%で，0，5，10，15，20，30，40，50，の8区であった。各供試水の Cl(‰) は，クルマエビ収容直前に 15mℓ 採水し硝酸銀による常法により測定した。この実験は，平均体長 1.1cm，1.7cm，2.5cmのクルマエビについてそれぞれ少なくとも2回以上行ない，また異なった温度条件での検討も試みた。

Table 2.　24hr. TLm Values for Low Chlorinity (‰)

W.T.(℃) \ B.L.(cm)	1.0—1.3	1.6—1.8	2.3—2.7	1.35—2.28	1.63—3.34	W.T.(℃)
22.5—23.0	0.81—1.60	0.96	1.36	1.01 1.78		26.4—27.4
	0.82—1.69	0—0.85	0.65—1.72		1.35 1.89	28.9—29.7

結果は Table 2 に示した。これから明らかなことは，"種苗サイズ" といわれているクルマエビでは，3cm前後まで塩分耐性は，非常に幅広く24時間 TLm の値は Chlorinity として1～2‰の範囲に入り，成長に伴なう変化は認められない。また，22℃から30℃の温度範囲であれば塩分耐性に大きな差はないが，傾向としては，温度が高くなるにしたがって，わずかに低下するようである。

クルマエビを，直接，蒸溜水中に入れると次のような経過が観察され，温度によって異なるが約1時間でへい死する。

Ⅰ　正常位で静止，游泳，匍匐等の行動

Ⅱ　正常位での匍匐速度が早くなり，異常游泳（垂直に水面につっこむような游泳），横転するような運動等の行動が観察される。

Ⅲ　異常行動は観察されるが，間歇的になり，全体として動きがにぶくなる。

Ⅳ　横転して稀に動く，游泳脚，鰓の動き心臓の鼓動は認められる。

Ⅴ　横転して動かず心臓，鰓の動きのみ認められる。尾柄部をピンセットでつかむと反応する。

Ⅵ　横転して動かず，心拍のみ認められる。

Ⅶ　心拍停止

塩分耐性実験開始にあたってクルマエビを各種塩分の飼育水に入れた場合，行動として変化が観察されるのは，20%海水以下，（2.5‰ Cl 以下）の場合で，上記のⅡに相当する行動が観察された。ⅠからⅦまでの経過が完全に認められるのは，蒸溜水区のみであり，他の試験区では，24時間後に生残った個体では特に異常行動は認められない。

また，クルマエビを潜砂させておいてその飼育水を徐々に淡水化していった場合，その淡水化の程度に応じて全部がいっせいに反応するという傾向はあまり明らかでなく，淡水刺激に対して反応は極めてにぶいことがうかがえた。しかしこの点については，さらに精密な実験を必要とする。

Ⅲ－2　考　察

クルマエビ類は塩分耐性が大きいことはよく知られており，各種の実験結果がある。クルマエビに関して，石田[6]は体長1㎝から3.5㎝の範囲で，高温域の場合（30℃以上）24時間 TLm 値は，4.18‰以下であるとしており，山口県の実験例[7]では，約22℃で，4.1—5.6‰または2.6—4.1‰，26±0.5℃で，3.5‰，31±1.0℃で2.4‰となっている。藤永[8]によると，8日間の TLm 値としてポストラーバで，下限値は12.23—12.7‰，上限値は，26.022—26.58‰の間にあるとしている。体長の大きなクルマエビの場合，戸田[9]は7.6—13.5㎝のクルマエビで3.47‰以下，吉田[10]は，7.98㎝のクルマエビで3.45—6.03‰の間の値を得ている。これらの諸実験で求められた値と比べると，今回の実験結果は，22℃から28.9℃の範囲で，1－2‰の値を示しており，耐性範囲としては，限界値に近いものと考えられる。実験結果の変異や，報告された諸実験の結果を総合して考えると，適温域で恒温を保って実験を行なった場合には，塩分耐性は高いようである。したがって，干潟のように温度変化の激しい棲息場所での限界は，実験値よりは高くなると想像される。

Penaeus aztecus や Penaeus setiferus に関して，Zoula P. Zein-Eldin [11),12),13),14)] 等は，塩分，温度，成長に関する詳細な実験を行なっているが，25℃恒温で Cl. 2.76‰とか2.20‰以下の24時間 TLm 値を得ている。さらに成長と塩分の関係については Malcolm C. Jhonson[15]等による実験結果があり，成長が極端に低下しない限界はＬＤ20（24ｈ）の範囲よりも狭い範囲にあるようである。

さらに，D. V. Aldrich[16]は，塩分とエビの行動の関係についての実験を行ない，高塩順化したものは，1.5時間後の反応で，高塩部に，低塩順化したエビは，低塩分域に分布するとしている。さらに低温の場合には，塩分嗜好範囲は高温の場合よりも高塩部にかたよるとしている。エビの行動と各種生態特性との関連は，今後さらに研究を重ねなければならない。

Ⅳ　温度耐性について

Ⅳ－1　方法と結果

クルマエビが干潟で棲息している場合には，干出時タイドプールの水温は約40℃にも達することが知られており，クルマエビの温度耐性は非常に大きいものと予測される。しかし，温度耐性についての明確な資料は少ないので，この実験を行なった。

実験に先立って供試クルマエビを25℃の恒温水槽で48時間飼育した。実験水槽としては30ℓパンライト水槽を用い，この中に投げ込みヒーターを入れ，エアレーションを行ないよく攪拌し，33℃，35℃，38℃，40℃の温度設定を行なった。低温の場合には，恒温ボックス，冷臓庫を，13℃，10℃，8℃に設定し，その中に5ℓ～8ℓのガラス水槽を入れ，一晩放置後，水温を，13℃，10℃，8℃とし止水で24時間の実験を行なった。実験開始直後，1時間後，24時間後に，斃死，異常行動を観察した。

結果を Table 3 に示す。実験設定区分を高温域で33℃，35℃，38℃，40℃としたが，耐性限界は38℃から39℃の極めて狭い範囲にあり，成長に伴なって耐性限界の幅に差異が生ずるようである。耐性限界が38℃から39℃の狭い範囲にあるために，24時間 TLm 値を求めることはできなかった。

Table 3. Range of 24hrTLm value for Temperature

B.L.(㎝)	0.89—1.00	1.6—1.8	2.2—2.7
High Temp. ℃	38—39	37—39	35—39
Low Temp. ℃	12—13	11—13	11—15

クルマエビを高水温実験区（38℃以上）に収容すると，エビ類特有の屈曲運動によって水槽外へ飛び出ようとする。そして1時間後のへい死率が高く，その後24時間を経てもへい死率にほとんど変化はない。一方，低温に対する反応も非常に敏感で，10℃以下では，実験水槽収容直後から仮死状態になり，横転して動かないものが多い。

また，30ℓパンライト水槽底に投げ込みヒーターを3本入れ，このヒーターの組み合わせによって単位時間当りの温度上昇率を変えることができるようにした水槽を作製し，エアレーションを行ない温度が均一に変化するようにした。水槽下より約3㎝に穿孔塩化ビニール製プレートを置きさらにその上に砂の層を5㎝程度敷き，クルマエビを潜砂させ，砂上に温度検出器を置き，温度変化を自記記録させた。この装置を用いて水温を徐々に38℃まで上昇させる実験を行なった。

Table 4. The Effect of Temperaure Rising Rate to Mortality of Juvenile Prawn

Number of Experiment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Time for Temperature adjusting to 38℃(hrs.)				0			7	6.25	6.5	29.6	30.9
Temperature Difference (℃)				13			20.5	20.5	20.7	20.8	20.7
Rate for Temp. rising per Hour				—			2.93	3.28	3.18	0.7	0.67
Mortality after 1 hr. at 38 ℃(%)	28.57	0	10	30	20	10	0	20	10	20	33.3

Table 4 に示した結果から明らかなように収容後の斃死率には有意差は認められない。すなわち，38℃を基準にした場合には温度変化の差はそれほど意味を持たない。40℃になると，クルマエビは収容1時間後には赤く変色し斃死してしまうので，温度順化をしても，高温域では有効な範囲は，39℃を中心とした極めて狭い間にしかないと考えられる。高温域では後に述べるが，38℃附近を中心とした友喰が認められるので，この点からみても，温度順化ということは，高温域の場合斃死率低下に大きな影響を与えることはないようである。

低温の場合には，十分な装置設定ができなかったので，下記の方法によって抵抗性の変化を観察した。

すなわち，25℃で飼育したクルマエビを直接10℃以下の水温に収容すると，横転して動かなくなり仮死状態が続くが，順化するとかなり低温まで耐えられるようになる。25℃で48時間飼育したものを13.3℃で24時間飼育し，次に10.4℃まで温度を下げても24時間後に生存しており，さらにそれを8.5℃にまで下げても24時間後には全尾数生残していた。

この例から推定すると，クルマエビの低温耐性は温度の変化速度にかなり支配されるものと考えられる。

Ⅳ－2　考　　察

クルマエビ類の温度耐性については，いくつかの研究があり，石田[6]，は平均体長，1.05㎝，1.38㎝，1.67㎝，3.51㎝の各クルマエビグループについて，温度耐性実験を行ない，35℃以上45℃の間に24時間TLm 値があるとしている。さらに塩分との組合わせ実験を行ない，Cl. 4.2‰以下では，耐温性が低下するとしている。また，藤永は5.5時間の TLm 値として，いわゆるポストラーバでは，低温域では，7.5℃，高温域の値は，39.3℃としている。この高温域の値は，今回の実験結果と類似している。Penaeus aztecus に関するJ. B. Waxmann の実験結果によれば，体長0.7～0.9㎝の個体で，24時間 TLm 値は，30.3℃から32.9℃で，順化温度が高い方が，やや高い24時間 TLm 値を示す。

順化時間については，0，4，8時間の3段階についての実験を行なっており，低温域（10℃，15℃）の場

合には，24時間 TLm 値で順化時間の相違によって 1.2～2.5℃ の値の差を生じているが，高温域（25℃，30℃）の場合は，0.9℃くらいの差であった。この低温の場合には順化方法が，24時間 TLm 値に大きく影響するという傾向は，クルマエビ実験の場合と類似している。順化によってクルマエビの低温耐性は強化しうるので天然の干潟における越冬と関連して，この特性は非常に重要な意味を持つであろう。

戸田[9]の報告によると，体長10㎝以上のクルマエビは，32℃から33℃で斃死するという。このことを今回の実験の結果と併せ考えると，体長3㎝以上になると温度耐性は次第に低下する傾向にあるものとも考えられる。

クルマエビに関しては，飼育温度と成長に関する詳細な実験例はないが，種苗生産過程におけるクルマエビの成長，放流追跡調査によるクルマエビの成長等をみると，季節により成長に著しい違いがみられ，温度との関連が大きいようである。Zoula P. Zein-Eldin[11] 等は，Penaeus aztecus で温度と成長の関係について詳細な実験を行ない，飼育温度は高いほど成長は良いが，或る一定温度（25℃）を越えると，斃死率が高くなり，全体の成長量は，減少するとしている。クルマエビについても天然における干潟の条件では，高温が持続的に6時間以上続くことはないわけであるから，耐性温度限界以内の温度範囲にあれば，温度が高いほど良い成長が期待できよう。

Ⅴ　潜砂習性について

Ⅴ－1　方法と結果

クルマエビの成体は，日中は潜砂して過し夜間には出てきて摂餌，游泳行動を示す完全な夜行性である。しかし，ノウプリウス期，ゾエア期，ミシス期には游泳生活をしており，いわゆるポストラーバ期になって底棲生活が始まると言われている。クルマエビの種苗は，いわゆるポストラーバ変体後のもので，この時期の潜砂習性について細かく観察した。

クルマエビの潜砂に関する日周期を観察するために，高さ15(㎝)×3(㎝)×20(㎝)の薄型ガラス水槽に，粒径0.25㎜から0.5㎜の砂を2㎝程度敷き，沪過海水で満し，エアレーションを行ないながらこの中に大小区別できる個体を2尾入れ，潜砂時間と出現時間を継続観察し，1時間当りの潜砂時間を潜砂頻度として計算した。夜間の観察は赤色光を可能な限り短時間点灯して行なった。また，潜砂率を検討するために約500㎖の角型ガラス水槽に砂を2㎝程度敷き，エアレーションを行ない，この中にエビの大きさに応じて5～10尾入れ，5分間おきに出現個体と潜砂個体を観察し出現率を計算した。水温は午後1時現在で23.0℃から25℃の範囲であった。餌料としては，チグリオパスを大量に与え，常時，餌が底面，壁面に附着している状態を保った。

成長に伴う潜砂率の変化を観察するために，エビを小型観察水槽（20×30×20(㎝)，塩化ビニール製）に入れ，約24時間飢餓にしたものと，その間十分に餌を与えたものを，それぞれ（1区25尾から10尾）2区ずつ設けて，クルマエビの活動性が夜間に比べて低い午後1時半から2時半までの1時間，5分毎に，クルマエビの出現率を観察した。実験期間は，1970年8月10日から9月11日までの1ヶ月間，観察中，水温は27.0℃から30.0℃であった。しかし最終回の場合のみ水温20℃から21℃であった。

さらに，クルマエビの潜砂習性に影響を与える条件を検討するために，底質，光，餌等についての実験もあわせて行なった。

底質については，宮島沖で採集した砂泥を水道水でよく洗い乾燥させた後，これを2㎜，1㎜，0.5㎜，0.25㎜，0.149㎜，0.053㎜の篩を震盪機につけて1昼夜ほどふるいわけて用いた。これら各区分の砂を内径17.5㎝のシャーレに厚さ約3㎝に敷いたもの，計6個を100ℓの角型水槽に無作為に並べ，餌料として，チグリオパスを大量に投与しながら，クルマエビを約90尾入れ一夜放置し，翌朝，潜砂しているものの個体を計数した。

光については暗室にガラスの観察水槽（30×16.5×24㎝）を入れ，水温24℃の止水でクルマエビを飼育

し，チグリオパスを大量に投与して観察した。照明には顕微鏡用の照明装置を用い，光の強さは距離を変えることによって加減した。水槽に入る光と水槽から出る光は，5号形東芝照度計によって照度を測定した。実験は2回行ない第1回は平均体長14.96㎜（N＝11）第2回目は平均体長18.71㎜（N＝8）のクルマエビを用いた。

この実験を通じて観察されたクルマエビの生活周期について Fig.4，Fig.5に示す。Fig.4は，観察時間を1時間毎に区切り，その60分間の間に游泳匍匐している時間の割合を％で示したものである。Fig 5には，13時から日没までと，日没から23時までの2区分にわけ，それぞれの時間帯の中でエビが游泳匍匐している割合を百分率の分布範囲で示した。これは，昼夜の活動性の違いが成長に伴なってどのように変化するかを知るために行なった。

クルマエビの潜砂は歩脚を用いて砂をかきわけ，後部游泳脚をはげしく動かして砂を後方におしやり潜砂する。潜砂深度は砂面の直下であり，注意してみればRespiratory siphon の先端をみることができる。Fig.4に明らかなように，日没を境にして急にエビの活動は活発と

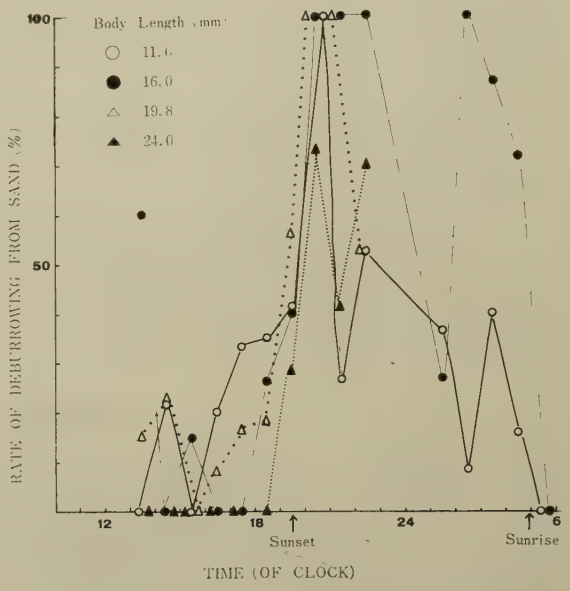


Fig. 4 Changes of Deburrowing Rate from the Bottom in Different Growth Stage

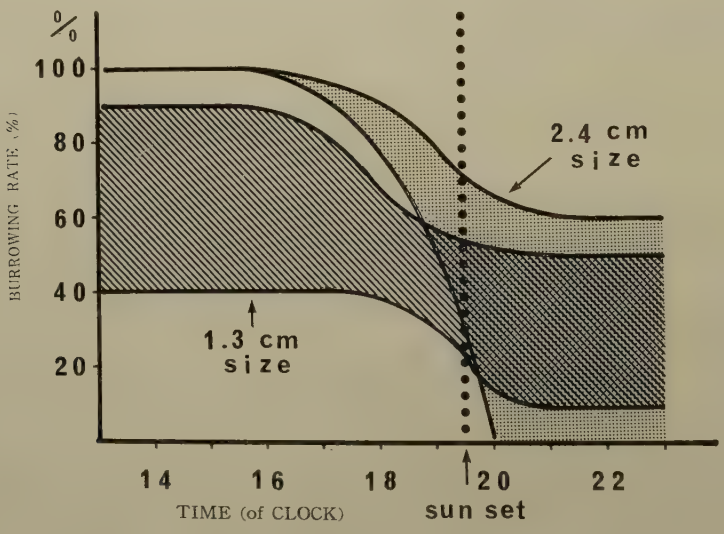


Fig. 5 Showing the Different Burrowing Rate by Different Size of prawn

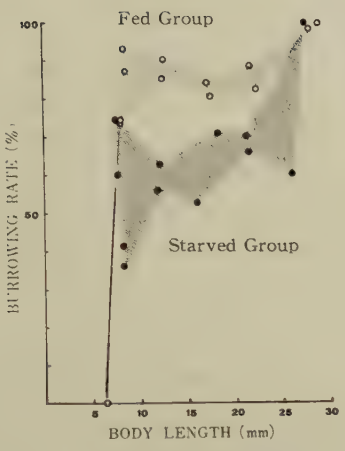


Fig. 6 Change of the Burrowing Rate in Different Growth

なり，游泳したり匍匐したりする割合が高くなる。しかし成長の初期には，日中でも潜砂しないものも多い。細かく観察すると砂から出現して匍匐，游泳する行動は索餌行動のようであり，この折に餌様物質（チグリオパス，硅藻のかたまり，気泡等）を与えると歩脚と顎脚を用いて把握，咀爵の行動を示した。

クルマエビの潜砂習性がどの発育段階で定着するかについて，Fig.6 に示した。クルマエビは，体長 6 mm前後では壁面や底面に附着，あるいは定着し，砂がある場合には，潜砂行動のような動き，すなわち，歩脚や游泳脚で砂をける行動を示すものもあるが，完全に潜砂することは出来ない。体長 8 mmになると完全に潜砂が可能となり，この習性の獲得は急激である。

餌料を与えた場合と与えない場合を比較すると潜砂率は餌料を与えない場合の方が低い傾向がみられる。なお，この実験の場合，潜砂しない個体について，游泳する個体と，匍匐する個体にわけ，それぞれの百分比を体長別にとってみた結果が，Table 5 である。全体的に游泳する個体数は匍匐する個体数に比べて少ないが，無投餌区では，やや游泳する個体が多くなるようである。

Table 5. The Rate of Cheeping and of Active Prawn Comparing between Fed and Starvev Group

mean Body Length (cm)	Fed Group				Starved Group			
	Lot 1		Lot 2		Lot 3		Lot 4	
	Creeping	Swimming	Creeping	Swimming	Creeping	Swimming	Creeping	Swimming
0.63	29.4	70.6						
0.80	94.0	6.0	83.0	17.0	91.8	8.2	77.6	22.4
0.84	95.6	4.4	100.0	0	84.2	15.8	78.4	21.6
1.23	95.7	4.3	80.5	19.5	83.3	16.7	57.1	42.9
1.73	80.0	20.0	66.7	33.3	68.7	31.3	60.0	40.0
2.17	83.2	16.8	79.3	20.7	48.4	51.6	72.6	27.4
2.73	—	—	—	—	97.8	2.2	—	—

Fig.6 に見られるように飢餓は，潜砂率を低下させるが，この他に潜砂率に影響を与える要因の一つとして，底質がある。その結果を Fig.7 に示す。この実験は，2 回行ないその結果を図中に併記した。体長範囲は，1.78—2.99cmの範囲，平均 2.2cm である。潜砂しない個体の割合が高いのは，実験方法によるのではないか，すなわち，設置した砂の面積が少ないことによるのではないかと考えられる。0.5mm 径以下の砂には，よく潜砂できるが，これ以上になると，難かしい。この体長範囲では各粒度組成区分に潜砂するエビの間に体長組成の差は認められなたった。この分布からみると，クルマエビはとくに適当な砂場を求めて選択潜砂するわけではなく，たまたま定着した場所が潜砂に適しておれば潜砂するようである。

光に対する反応結果を Fig.8 に示す。この図中の Intensity of Illumination(lux) は，光が水中に入る直前の光の強さを示している。クルマエビは急激な光照射に対しては，個体によって例外もあるが，一般的には游泳しているものは着地し，匍匐している個体は動きを停止し，底砂から出現中のものは直ちに潜砂

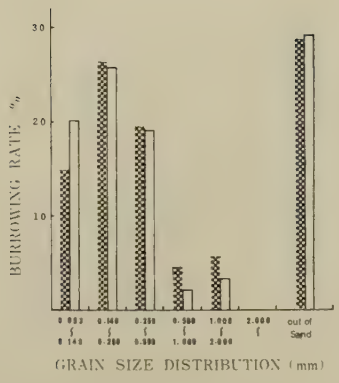


Fig.7 Effect of the Grain Size Distribution on the Burrowing Rate of the Shrinp.

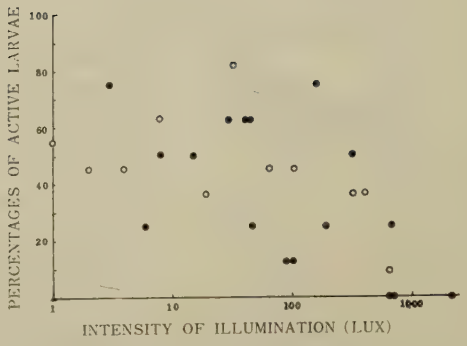


Fig. 8 Effect of Light Intensity on the Activity of the Larvae

の行動を示した。例外として，体を曲げて飛びはねる行動が稀に認められた。光の照射が一分間以上続くと潜砂，匍匐の行動が始まる。この実験は，潜砂率が高い時間である午後1時から開始しているが，暗室中では昼間でもクルマエビの出現率は極めて高い場合があり，同時に出現頻度の幅が極めて大きいのが特徴的であった。照度が500 lux 以上になると，活発な行動を示す個体は減少する。

これらの実験を通じて潜砂行動を支配する要因はかなり複雑であると理解される。

V－2　考　察

クルマエビ類の潜砂習性に関しては，昔から多くの観察，実験がある。クルマエビの潜砂習性の観察については，潜砂方法に関して鬼塚[18]，江草[19]らの観察が，昼間，夜間の潜砂習性の相違に関するものは，鬼塚[18]，三浦，山口[20]，KO[21]等の観察，実験があり，C. M. Fuss[22] D. A. Hughes[23]は Penaeus duorarum について W. Dall[24]は Metapenaeus mastersii についてそれぞれ，日周期活動，潜砂行動についての記載をしている。しかし，これらの報告のほとんどは，すでに底棲生活に移行した時期の個体，グループに関するものであって，稚エビ期の問題について明確に記したものはない。さらに潜砂習性に影響を与える要因についても多くの研究が行なわれている。光に関しては，クルマエビについて三浦，山口[20]の夜間の光に対する反応の観察をしており，Fuss[25]は pink shrimp に関して天然エビの日周期性に与える光の影響は大きいとしている。また，底質に関しては，クルマエビについて石田[6]は粒径0.5㎜ 以下の所で，稚エビは潜砂しやすく，成長に伴なって粒径の大きい所でも，潜砂できるようになるとしている。C. M. Fuss[22]は pink shrimp に関して同じような結果を記載している。飢餓の影響に関しては，一般に言われているほど具体的な実験観察例がなく，Fuss[25]によると成体の pink shrimp では，72時間程度の飢餓は潜砂率には大きく影響していないとしており，今回のクルマエビの実験結果とは異なった報告となっている。

酸素分圧に関しては，江草[26]が，クルマエビで環境水中の酸素量が1.0㎖/ℓ以下に減少してくると，体を砂上表面に出しはじめ，0.5㎖/ℓ になると完全に出現してくるとしている。

温度との関係については，石田[6]がクルマエビで38℃以上の水温になると底砂から出現しはじめ，斃死が多くなるとしており，Fuss は pink shrimp で33℃以上になると底砂から出現し，14℃～16℃以下になると潜砂してこなくなると記し，同じような結果を示している。

水圧変化に関しては，水田[27]が干出する場所でのクルマエビの移動は，水深20㎝前後から始まり，水深低下と共に移動は大きくなり5㎝以下になると顕著になるという。福原[28]はクルマエビで水深変化と底砂からの出現に関する実験を行ない，水深が0～2㎝に減少すると，砂上に出現する個体が多くなるとしている。

今泉[29]は，潮の干満にともなう稚エビの行動を観察して，干満にしたがった，クルマエビの移動性や潜砂習性を認めている。

水流に対して，福原[28]はクルマエビで，流れが或る一定の範囲内では，流速が速いほど，潜砂速度が早くなることを認めている。この他にクルマエビについて石田[6]は歩脚障害が潜砂に影響を与えるという報告をしている。

これら潜砂に関する諸研究を総合して考えると，いわゆる種苗サイズのクルマエビは，潜砂率，潜砂速度等は，恒常的なものではなく，環境条件，エビの状態等によって，大きく変るもののようであるから放流の際には，この点を十分考慮に入れておく必要があろう。

Ⅵ　摂餌習性について

Ⅵ－1　方法と結果

クルマエビの種苗生産過程において投餌量については，ある程度考慮されているが，これらは必ずしもクルマエビの摂餌量の検討結果にもとづいて行なわれていない。また，摂餌生態についても十分解ってはいない。クルマエビ個体の摂餌量や摂餌生態を知るために，20℃～23℃の恒温室で各個体をそれぞれ1尾ずつを約1ℓの丸型ガラスバットの底に細砂（粒径 0.5㎜以下）を厚さ2㎝程度に敷き，沪過海水を入れエアレーションを施した中に収容した。餌料としては成長したブラインシュリンプを与えた。これは，実験に際しては，ブラインシュリンプをサラン網でこし，計数不能な小さな個体が混入しないように注意しながら一定数を各水槽に入れ，24時間後に，残餌数を数え，その差から摂餌数を求めた。一方，餌料の一部を30個以上とって数え，沪紙で水分を除いた後，化学天秤で重量測定を行なった。この実験の場合には供試クルマエビは毎日，新しい個体を用いたが，別に1尾ずつを長期に飼育し，その場合の摂餌量変化を Table 6 に示した。当然のことながら体長増加に伴なって摂餌量も指数曲線的に増加する。しかし，前述した，体長，体重関係

Table 6. Daily Food Intake in the Juveniles of Different Growth Stages

Body Length (㎝)	Number of Prawn	Food Intake * (mg/day)	S.D.	C.V.(%)
0.8	1	2.84		
1.0	8	5.87	2.60	44.30
1.2	25	11.92	13.83	116.05
1.4	11	27.08	13.88	51.26
1.6	10	32.80	10.35	31.56
1.8	22	38.06	22.29	58.57
2.0	17	62.63	29.62	47.29
2.2	27	75.86	36.83	48.56
2.4	18	63.49	26.68	42.02
2.6	8	76.22	53.89	70.70
2.8	6	114.11	30.07	26.35
3.0	7	106.64	20.07	18.82
3.2	2	121.43		

* Wet Weight of Adult Brine Shrimp

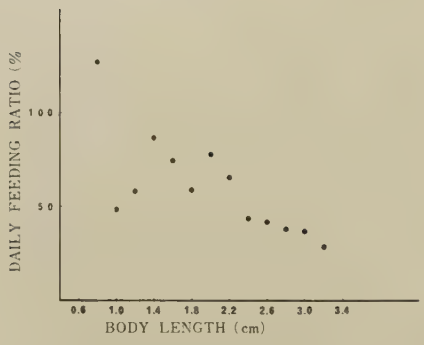


Fig. 9 Change of Daily Feeding Ratio in Different Growth Stages

式より求めた体重を基準として計算した日間摂餌率は，成長に伴ない急激に減少する。(Fig. 9)。

次に各個体の摂餌量変化についての実験結果を Table 7，ならびに Fig. 10 に示す。これらの結果から明らかなように，体長約 1.5cm までは，脱皮に伴なう摂餌量の周期的減少は顕著には認められないが，2.5cm 以上になると明らかに，脱皮時には摂餌量が著しく低下するという周期性が認められる。また，日間摂餌量の変動は非常に大きい。

なお，摂餌量と成長量の関係を，Table 8 に示す。実験開始時の体長を基準として 1mm 当りの成長に必要な摂餌量を計算し，この値が成長に伴なってどのように変わるかを示したものである。

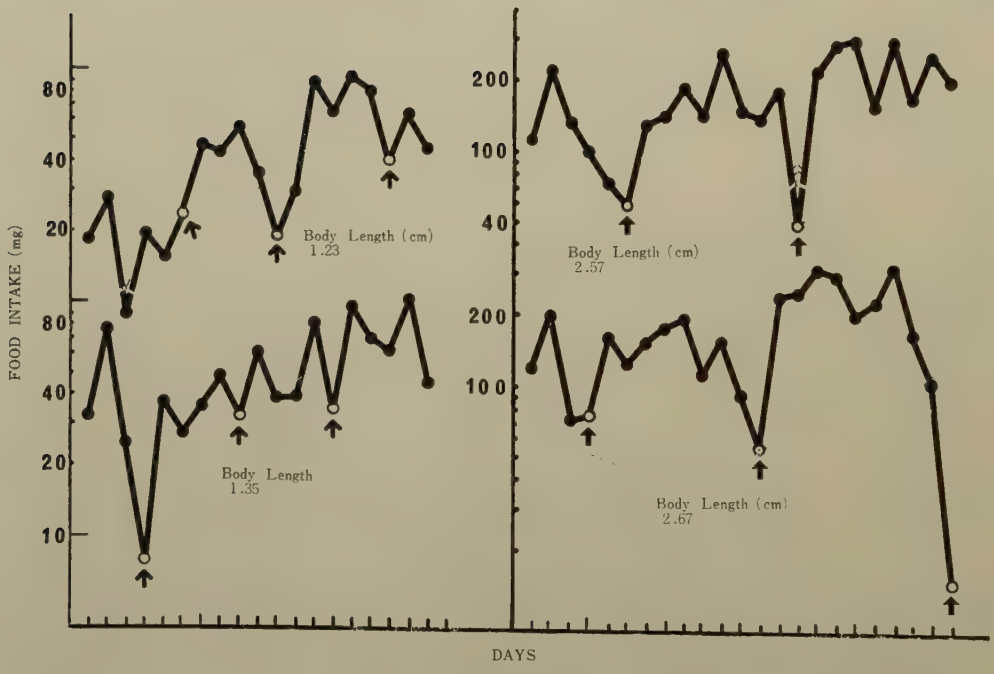


Fig. 10 Daily Changes of Food Intake
↑ : Ecdysis

Table 7. Daily Food Intake during the Period between Ecdyses

Prawn number	Body Length (cm) at Start and Final	Food Intake at Ecdysis (mg/day)	Food Intake between Ecdyses (mg/day)	Time between Ecdyses (days)	Prawn Number	Boby Length (cm) at Start and Final	Food Intake at Ecdysis (cm/day)	Food Intake between Ecdyses (mg/day)	Time between Ecdyses (days)
1	1.48	27.5	70.2	5	11	3.57	99.2	228.1	10
	—	55.9	69.8	6		—	87.8		
	59.2	59.2				5.07			
2	1.23	23.8	45.4	5	12	3.25	14.0	254.2	12
	—	19.1	69.9	6		—	66.5		
	2.48	39.8				5.32			
3	1.35	8.3	36.9	5	13	2.88	40.5	160.9	12
	—	32.3	54.8	5		—	50.8		
	2.40	34.4				4.43			
4	1.10	15.3	33.2	4	14	2.95	100.4	165.4	9
	—	18.5	40.9	6		—	93.0	237.9	10
	2.13	38.0				4.53	104.0		
5	1.32	34.0	35.3	4	15	2.57	59.7	162.2	9
	—	40.7	62.4	6		—	4.9		
	2.38	34.5				4.33			
6	1.22	13.8	30.6	5	16	2.67	75.0	145.0	9
	—	32.3	43.7	6		—	55.3	229.9	10
	2.20	57.0				4.60	14.8		
7	1.40	5.5	31.4	5	17	2.80	60.3	117.3	14
	—	27.7	48.9	6		—	128.3		
	2.43	42.8				4.17			
8	1.30	16.5	19.5	5	18	2.88	56.5	190.5	9
	—	29.3	37.1	5		—	103.2		
	2.53	29.3 35.3	61.5	5		4.48			
9	1.23	16.5	18.1	4	19	2.53	69.0	157.7	9
	—	13.6	44.1	5		—	27.7		
	2.33	44.5 29.6	70.4	5		4.07			
10	1.23	5.5	21.8	5	20	3.08	43.8	182.6	10
	—	19.4	24.9	5		—	83.1		
	2.36	34.7 12.2	50.2	6		4.68			

Table 8. The Relationship between Food Intake and the Growth

Initial Body Length (cm)	Final Body Length (cm)	Growth (mm)	Total Food Intake (mg)	Number of Ecdyses	Food Required for 1mm Growth (mg)
1.48	2.68	12.0	1088.2	3	90.7
1.23	2.48	12.5	796.2	3	63.7
1.35	2.40	10.5	940.9	3	89.6
1.10	2.13	10.3	605.9	3	58.8
1.32	2.38	10.6	816.9	3	77.1
1.22	2.20	9.8	702.9	3	71.7
1.40	2.43	10.3	727.5	3	70.6
1.30	2.53	12.3	749.0	4	60.9
1.23	2.33	11.0	850.9	4	77.4
1.23	2.36	11.3	573.1	4	50.7
2.13	2.43	3.0	403.4	2	134.5
2.19	2.45	2.6	403.4	2	155.1
1.94	2.08	1.4	366.7	2	261.9
2.15	2.37	2.2	381.4	1	173.4
2.13	2.28	1.5	359.4	1	239.6
2.05	2.22	1.7	337.4	1	198.5
2.01	2.36	3.5	403.4	1	115.3
2.06	2.37	3.1	337.4	1	108.8
3.57	5.07	15.0	6741.0	2	449.4
3.25	5.32	20.7	6043.4	3	292.0
2.88	4.43	15.5	4823.7	3	311.2
2.95	4.53	15.8	5834.1	3	369.2
2.57	4.33	17.6	4452.7	3	253.0
2.67	4.60	19.3	4675.8	4	242.3
2.80	4.17	13.7	3023.9	3	220.7
2.88	4.48	16.0	5098.5	3	318.7
2.53	4.07	15.4	4140.8	3	268.9
3.08	4.68	16.0	5028.0	3	314.3

これを両対数曲線にあてはめると，次式により表わされる。

$Y = 0.82182X^{1.7469}$ ($r = 0.94898$) (2)

Y：1㎜の成長に必要な摂餌量　mg/mm　基準餌量：　ブラインシュリンプ成虫

X：体長，㎜，

これから明らかなように，餌料利用効率は，成長に伴ない著しく減少する。とくに体長2㎝以上の個体になるとその傾向は大きくなる。

この理由の一つとして，検討の基準を体長にとったことがあげられる。しかし，既往の諸実験では，体長変化のみが示されている場合が多いので，あえて体長に対する摂餌量を用いて検討することとした。

Ⅵ—2　考　察

クルマエビの餌料実験は多いが，厳密に摂餌量と成長の関係を把握している例は少ない。また，供試餌料としてはアサリ，配合餌料がほとんどで，天然餌料によるものは少ない。ブラインシュリンプのノウプリウスはクルマエビのいわゆるポストラーバ初期までの餌料としては，利用されているが，成長した個体を与え

ている例はない。この基準餌料が，クルマエビに適した餌料であるか否かは難かしく，まだ検討の余地はあるが，よく摂餌し，摂餌生態の観察には便利であった。

池末[30]は，天然でのクルマエビ類は脱皮後の軟甲個体では空胃の場合が多いとしている。2.5㎝から3㎝以後の体長個体では脱皮直後には摂餌量が極端に減少することは今回の実験でも認められた。

クルマエビの胃は組織学的には厚いクチクル層に被われ，複雑なクチクルの突起などが認められ，分泌組織は全く認められず，胃の周囲をとりまき支えている筋肉の動きによって餌料を押し砕く機能を有している。

種苗時期のクルマエビの胃は，成体とほぼ同じ形態，構造であることが確認された。脱皮の際には，胃の中のクチクル層も総て変り．新しい未だ十分には発達していない層が表面に形成されているだけであるとされている。成長に伴なって餌料種類は，棲息場所の変化と共に，また，クルマエビの胃の機能増強に伴なって稚エビの時期とは変ることが予想される。そのなかには，脱皮直後は，摂餌が困難となるような物も含まれているものと考えられる。安田[31),32)]は，瀬戸内海の蝦類の食性に関する研究の中で，クルマエビの天然における餌料種類や摂餌の季節変化を調査し，小型貝類，甲殻類，多毛類，デトリタス等が主要な餌料であると述べている。摂餌の季節における変化については，7月から8月下旬にかけて摂餌個体が多く採集され，底棲生物は周囲に存在するデトリタスを最も採りやすく，漁場の底質と関連が深い食性を示すと述べている。

クルマエビの稚エビの摂餌機構から考えて，大型の貝やポリキータ等をかみくだいて摂餌することは考え難く，安田が指摘しているようなデトリタスの摂取は，人工種苗についても考えられることであり，放流干潟の性格として考慮すべきであろう。

摂餌の周期性が明瞭になる時期と，夜行性が定着し少々の餌料不足では，昼間には底砂から出現して来なくなる時期とは，明確に区分することは難かしいが，ともに2.5㎝から3㎝の間にあるようである。

Ⅶ　共喰いについて

Ⅵ－1　方法および結果

クルマエビでは，飼育期間中，共喰いの現象がしばしば観察されるが，この現象が生ずる条件を知るために，この実験を行なった。

5ℓ～8ℓのガラス水槽に沪過海水を入れ，エアレーションを行ない，各種サイズのクルマエビを収容し，24時間，飢餓状態に放置し，24時間後の生残率を求めた。この際とくに砂は敷かなかった。へい死エビで，喰われた形跡があるもの，および〝不明エビ〟を共喰いされたものとした。ただし，0.7㎝～0.8㎝体長のエビの場合は，観察が困難だったのでへい死率を示している。水温は午前9時現在で，20℃から24℃であった。

この他に，塩分耐性実験，温度耐性実験の際の共喰いについても同じように整理した。

これらの結果を Table 9 に示す。この表から明らかなことは，約1㎝前後の体長のクルマエビ（0.5 ton パンライト水槽飼育）の例を除いては，19例中1例以外は全く共喰いが認められなかった。0.5 ton タンクのクルマエビについていえば，第2回実験で斃死率が高いが，この実験直後からタンクで疾病によるクルマエビの大量斃死が起っている。したがって，第1回，第2回の実験に関しては，供試クルマエビが疾病にかかりはじめ，そのための斃死個体が多くなり，結果として，斃死率に影響しているものと思われる。これらの点を考慮に入れると，少々，体長変異が大きなクルマエビ群でも体長1㎝を越えると，正常な状態の場合24時間の飢餓程度では，共喰いは容易に起るものではないようである。なお，第4回の実験終了後，そのまま飢餓状態を続けた場合，72時間の生残率をみると，体長変異の大きい lot 1, lot 2, lot 3 において，それぞれ70％，100％，30％の共喰率が認められた。同一体長群の lot 4 では，共喰いは全く認められなかった。この間，多くの個体に脱皮が観察された。

Table 9. Showing the Rate of Cannibalism on Different Stages

Lot.	Mean Body Length (cm) 0.71	2.74	3.38	5.65	Note
	%	%	%	%	
1	0(20)	—	—	—	
2	10(20)	—	—	0(3)	
3	50(20)	—	0(3)	—	1st Exp.
4	10(20)	0(3)	—	—	Date; Sept. 26th
5	—	0(10)	—	—	
6	—	—	0(10)	—	
7	—	—	—	20(5)	
	Mean Body Length (cm) 0.76	2.98	4.42		
1	—	0(5)	0(4)		
2	—	—	0(5)		2nd Exp.
3	—	0(10)	—		Date; Sept. 28th
4	75(20)	—	0(3)		
5	85(20)	0(3)	—		
6	95(20)	0(3)	—		
7	85(20)	—	—		
	Mean Body Length (cm) 1.07	2.47	3.75	5.17	
1	0(10)	—	—	0(3)	3rd Exp.
2	0(10)	—	0(3)	—	Date; Oct. 2nd
3	0(10)	0(3)	—	—	
4	0(10)	—	—	—	
	Mean Body Length (cm) 1.19	3.10	3.76	5.27	
1	0(10)	—	—	0(3)	4th Exp.
2	0(10)	—	0(3)	—	Date; Oct. 6th
3	0(10)	0(3)	—	—	
4	0(10)	—	—	—	

Numbers of the Prawn examined are show in Parenthsses

塩分耐性実験，温度耐性実験は，24時間の飢餓条件になっているので，この場合の共喰いに関する結果を整理したのが，Fig.11, Fig.12 である。

Fig.11 から明らかなように，塩分耐性実験の場合，lot 3 から lot 6 までの範囲で，不明個体，共喰個体が高くでている。

全部で11回実験を行なって，共喰いが観察された回数を％で示したのが，Fig 11 であり，塩分範囲で示せば，共喰いが観察されたのは，1.48‰から5.24‰の間となる。lot 2,（0.65～0.85‰）区は斃死エビは数多くあったにもかかわらず，共喰いは全く認められなかった。この区は，全体的にエビの活力が低下しているために，共喰いの余裕はなく，塩分範囲1.48‰～5.24‰では，クルマエビの塩分耐性能力は，かなり低下しているが，斃死には至らず，個体の活力の差が顕著に現われる条件なのであろうと考えられる，24時間

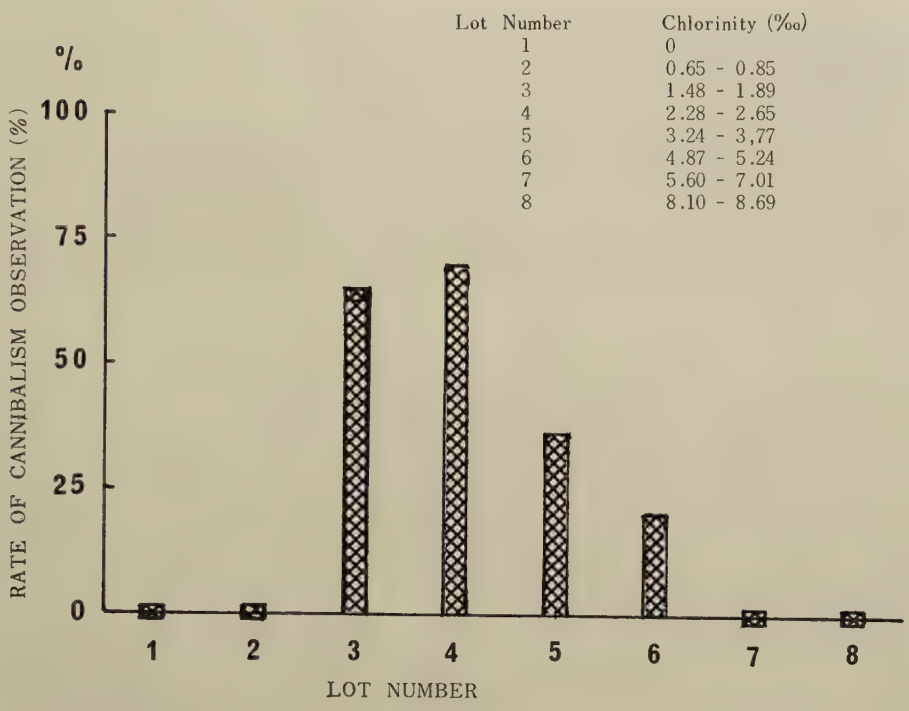


Fig. 11 Rate of Cannibalism Observation in Different Chlorinity Medium.

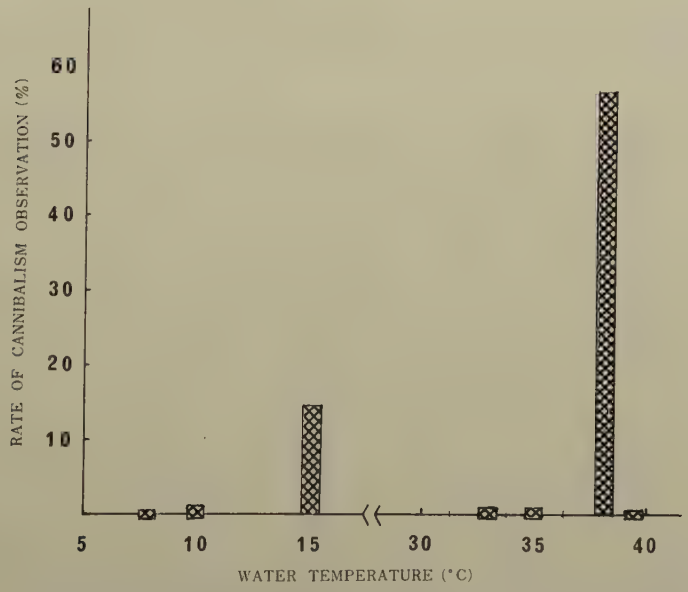


Fig. 12 Rate of Cannibalism Observation in Different Water Temperure

TLm 値は，この範囲の低い部分に相当する。

温度耐性実験結果からは，Fig.12 にみられるように，高温域では，38℃前後，低温域では15℃に共喰観察率が高い。これらの値は，24時間 TLm 値に近い値である。

Ⅶ—2 考　察

上記の共喰いに関する実験結果を総合して考えると，共喰いという現象は，常に或る割合で起るものではなくて，エビの活力に極端な差が生ずるような条件に置かれた時に起るものらしい。

茂野[33]は，高密度に，P_{20}期のクルマエビを飼育した実験で，約30％から50％が共喰いで減耗すると記しているが，この例も，実験条件を考えると，高密度という悪条件の結果によるものであるという点で，基本的に今回の実験と共通点を持っているようである。

総　合　考　察

クルマエビを放流する際の技術的命題は，健全な種苗を，いかに歩留りのよい方法で放流するかということにつきる。言葉では簡単であるが，具体的に，健全な種苗，歩留りのよい方法という点によると，放流後の追跡調査の技術的精度などから考えて，十分には検討されなかった。しかし，クルマエビの種苗生産技術が進み，大量に生産されるようになったとはいえ，種苗供給には安定性を欠いているのが現状である。その理由の一つとして，種苗生産過程における疾病等が考えられるが，数的に不安定な状態で供給される種苗は質的には全く問題がなく，放流後の歩留りに影響しないとは断定できない。

このような諸問題を考えるために，クルマエビの持つ各種の特性に関して整理し，生活様式を具体的に考えてみて，それに基づいて，放流種苗の大きさ，放流数，放流場所，放流時期，放流方法について，具体的に検討しなければならない，これを考えるために，各種生理生態特性について，実験した結果，報告された結果を，Fig.13 にまとめて示した。

クルマエビに限らず，魚においても種仔期の生物の大きさは，体長で測定する方が，体重で測定するよりも精度高くかつ簡便に知ることができるので，体長を基準に実験したり，考察する場合が多い。実際放流の場合，体長だけはいずれの場合にも測定している。今までに放流された種苗の平均体長は，昭和45年度の栽培漁業実践漁場設備調査の概要[34]によると，0.9㎝から1.7㎝くらいまでの間にある。石岡は昭和46年８月に同一タンク内で飼育中のクルマエビの成長に伴なう体長の変動幅について測定したが，Fig.13 の体長組成の変動係数の実線部分は，これを記したものである。南西水研[35]，福岡豊前水試[36]，山口県内海水試[37]等の放流用種苗体長組成より変動係数を計算したものも Fig,13 中に併記した。体長組成の変動幅は，0.9㎝前後から大きくなっている。0.9㎝以後の変動係数はとくに成長に伴なって増大するのでなく，飼育条件などによって変動係数のばらつきが生ずるようである。

茂野[33]によれば，種苗生産水槽での飼育を終り，養成のため池に移放する際のクルマエビは，成長段階としては，P_{17}からP_{20}，平均体長は1.5㎝以下，体重は20㎎以下である。P_{20}を過ぎてなお飼育水槽中でこれを継続飼育すると飼育密度が次第に過密となり，成長が著しく低下するうえ飼育水槽の利用効率を低下させるので，P_{20}前後で移放することを提唱している。生残率でみると，卵から，ポストラーバに変態までの減耗率はP_1の時を基点とした場合の50％以上に達する例も多い。P_1からP_3まではほとんど変わらない生残率をみると，それ以後の変動係数が大きくなってくる時期からのへい死が多いのではないかと想像される。これらは，浮游期での立体的なクルマエビ生産方式から，底着期での平面的な生産方式への転換が，P_{20}以前から行なわれていることを示唆する。

Fig.13 に示された肥満度，C—N比，潜砂習性，摂餌量変化等は，本実験より得られた結果をそのまま記したものであり，塩分耐性，温度耐性については，数回測定した24時間 TLm 値の分布範囲を記入した。

流れに対する抵抗性に関しては，１分間252㎝及び408㎝の速度の流水に対して流される個体の割合を成長に伴なって観察した福原の実験結果[28]を示す。農業土木試験場[38]による体長0.9～1.5㎝のクルマエビを用い

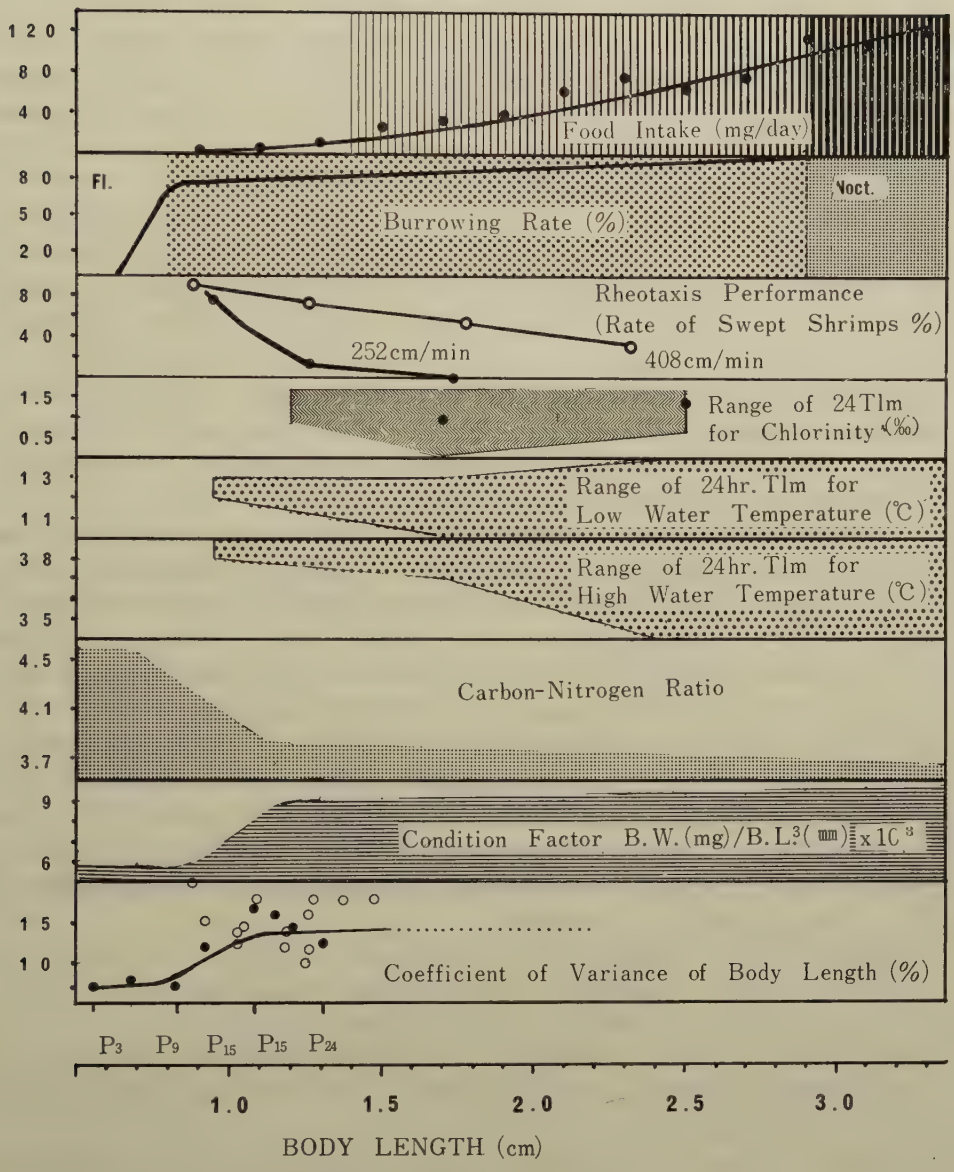


Fig. 13 Diagram on the Life of the Juveile Prawn

た流れに対する抵抗性の実験例では，240～420cm/min で流される個体の割合が8％，480～780cm/min で40％，1320～1800cm/min で100％という値を示している。福原の行なった実験結果とは，かなり相違があるが，実験方法や，流速の測定方法クルマエビの状態等の相違があるために，このような差を生じたものであろう。さらに農士試の報告では，底に砂がある場合には，流されない個体の割合が大きく増加している。天然水域における海水流動は場所によって，時間によって大きく異なると思われるが，昭和46年度，西条干潟の沖合で行なわれた流速測定結果から判断すると，0～1200cm/min の間の変動が認められている。また，昭和47年度に行なわれた，大海湾における農士試の人工干潟調査[38]の結果では，最大潮流速度で720cm/

min であったという。

これらの結果をみると，クルマエビ種苗の游泳能力は，干潟での流速では支障なく棲息しうるが，沖合の潮流の速い所では，流されずに游泳により，広く拡散するということは考えられない。潜砂の観察実験結果，今泉[29]による移動の観察結果からも，種苗としての成育段階では，匍匐行動が多く観察され，游泳行動は余り繁くない。これらの点は，エビの流れに対する抵抗性の程度と考えあわせて，この時期のクルマエビが積極的に游泳し広く拡散するという生活形態をとっていないことを示している。

クルマエビの，流れに対する反応についての実験例は比較的少ない。C.M. Fuss[25]はPenaeus duorarumに関して1秒間に20cm以上の流速の流れに対しては，すう流性を認めている。D. A. Hughes [39]は，同じ種について，流れと塩分の関係に関する実験を行ない稚エビはほとんど常にすう流性を有するが，低塩分水になるにつれて次第に反すう流性を示すようになることを認め，天然における pink shrimp の着生機構に関して示唆している。このような点に関しては，クルマエビについても今後，詳細な実験が必要となろう。

これらクルマエビの各種生物学的特性を総括すると，急激に変化する特性，徐々に変化する性質があるので，体長を規準にして特性を区分することは難かしいが，しいて分ければ体長0.9cm頃までは，浮游期，0.9cmから3cmまでの間を移行期，3cm以後を安定した底棲生活期とすることができよう。この区分は，倉田[40]が形態と生殖器の発育から分類した発育段階と近似している。

ポストラーバに変態して，潜砂習性がつきはじめ，完全に潜砂を行ない跡を残さず砂の中に潜るようになるのが，0.8cm前後，体長，体重関係の変化，C—N比変化は，この時期にだいたい適合しているようである。すなわち，0.8cmから1.2cmくらいの間は，形態的にも，体成分からみても，底棲生活のための変換が行なわれるのであろう。ついで，完全に底棲生活が定着してくるのが，2.5cm以上であろう。ここで特徴的な性質として，24時間程度の飢餓では，日中底砂からはい出してくることもなく，流れに対する抵抗性も強まり游泳力が高まり，温度耐性がやや弱くなる時期である。また，脱皮時には，ほとんど摂餌しないという，脱皮に伴なう摂餌量変化の周期性が生ずる。脱皮はクルマエビの個体生理にとって大きな影響を持ちこのような場合に，長時間潜砂していられるということは，生き残りに非常な利点を示すものであろう。

このような特性を持つ浮游期から底棲期への移行期に放流種苗があることになる。前述したようなクルマエビの生活様式から考えると，放流種苗は，立体的な種苗生産形態から，平面的な生産形態に移る時期，また，餌料量を多く必要としはじめる前の時期にあり，このような段階の種苗でなければ大量に供給することは難かしいという生産側の条件があるのが現状である。

この移行期のクルマエビは，実験結果が示すように強い塩分耐性，温度耐性を持っており，低塩分，高温という条件の干潟や，河口のような場所での生活に耐える性質を有している。したがって，干潟，河口などが，クルマエビの生き残りに大きな影響を与えるような悪条件を備えているとは考え難い。

別途実施した飼育実験の結果[41]も，極端な低塩分，軽度の飢餓，疲労等の一時的な悪条件の影響が，クルマエビの成長や生き残りを左右するものではないことを示唆し，むしろ，密度—餌料，食害等の生物環境が大きく影響しているようである。

この中で餌料はとくに重要であるので，今回の餌料実験の結果，前掲(2)式から，クルマエビの成長に必要な餌料量を試算すると，1cmのクルマエビを放流し4cmになるまでには1尾当り約8gの餌料を必要とすることになる。放流種苗数を200万尾とすると，放流される時期にもよるが，約16 ton の餌料が1カ月から1カ月半の間に必要となる。体長4cm以上の成長を期待すればさらに多量の餌料が必要となる。昭和45年度から昭和47年度までに行なわれた西条，大海の干潟調査の結果[42),43),44)]によると，深さ1cm，12.56cc の底泥の中に多い所で動物個体293×10^2個，硅藻数936×103個，有機炭素量で13.2mg/g，少ない所でそれぞれ5×10^2個，10×10^3個以下，1.2mg/g等の値が示されている。季節，場所によって異るが，沖に出る方が，一般的に大きな値を示す傾向にあるという。この有機炭素の量を底泥比重を仮に1としてブラインシュリンプの成体に換算すると，西条干潟約2km^2では多い所で264 ton，少ない所で24 ton となる。この数値は，一見先に計算したクルマエビの餌料要求量をおぎなって余りあるようにみえるが，実際にはすべての有機炭

素がクルマエビの利用可能な餌料となっていないし，クルマエビの棲息の局在性，行動様式，潜砂習性，他の生物にこの有機炭素が利用される割合，実際に利用され得る形態のものの割合等を考えあわせると，体長4㎝程度までの餌条件は保証し得ても放流したクルマエビ全部が十分に成長し，漁獲にかかるまでの餌環境を保証しているという断定はできないようである。放流実験の結果[35),44),45),46)]をみると，生残が確認された放流群で，成長に伴なう体長組成の変動の幅は，昭和47年度報告から概算すると，天然干潟の放流群で，平均体長3～4㎝で18%，33%，人工干潟群で18%，15%等の値が示され，やや大きい傾向があるようである。別に飼育試験を行なった結果では，10～14%くらいまでの値を示していた。この放流群の体長組成の変動係数が大きめに表われるという事実が何を意味しているのか興味ある点であるが，摂餌が均一に行なわれていない事は原因の一つとして考えられよう。また，昭和47年度に行なわれた人工干潟の放流結果[46)]は，クルマエビ密度と成長速度が密接な関係にあることを示唆しており，天然干潟における餌料の量と質については，今後さらに研究する必要がありそうである。

移行期のクルマエビは，前にも述べたように，流れに対する抵抗性の程度や観察された行動の結果からあまり強い積極的な移動性を持ってはいないようである。したがって，物理的な散逸や食害などが行なわれないと，放流種苗は放流された地点を中心とした比較的狭い範囲で高密度に生息することになる。今泉[29)]が述べているような，潮の干満に応じたクルマエビの移動機構によって沖合に移動していくとしても，その他に，成長に伴なって大量の餌料が必要となり潜砂習性が定着するにつれて摂餌時間が減少する個体は，有機物の多い沖合へ徐々に拡散していくということも考えられる。この移動，拡散の場合，餌料不足や，極端な無機環境の変化等はその移動，拡散の様式に影響を与え結果的に食害や友喰いを大きくすることも考えられる。

これらのことから，種苗放流の場所としては，食害から逃避できる場所であると同時に移動，拡散が行なわれ易い所であることが望ましい。また，放流にあたっては，一度に多量に放流すればよいというようなことではなく，放流する場所の生態系を十分に調査した上で，餌料の問題，食害の問題等を考えあわせて，放流数，放流時期等を決めなければならないだろう。

以上，クルマエビ人工種苗の生活様式から考えた，放流上の問題点について考察した。今後はさらに，行動生態，成長と餌料の関係，天然におけるクルマエビの餌料調査，放流地点における餌料補給機構，食害機構等の諸問題について，詳細な研究を続ける必要があろう。

要　　約

クルマエビの種苗生産技術は向上し，大量の放流用種苗が供給されるようになった。この放流されるクルマエビの生活様式を知り，その上で放流上の技術的問題を考察するために，各種の生理，生態実験を行ない次のような結果を得た。

(1) クルマエビ種苗期の体長，体重関係は次式によって示される。

$W = 1.96 \times 10^{-3} L^{3.199}$ （W：体重mg　L：体長 ㎜）

また，肥満度は，体長0.8㎝から1㎝の間に急激に増大する傾向が明らかとなった。

(2) クルマエビ個体のC－N比をC.H.N.コーダーにより分析した結果，成長に伴なってC－N比は減少する傾向を示し，特に体長0.8㎝から1㎝の間の減少は著しい。このことは，この生物の持つ表皮とそれ以外の体実質の割合の変化を示すのではないかと推測される。

(3) 塩分耐性については，その耐性が成長に伴ってどのように変るかを検討した。体長1㎝から3㎝の間では，ほとんど差はなく，24時間 TLm 値は Chlorinity 1～2‰の範囲であった。高水温は塩分耐性に影響を与えるようである。

(4) 温度耐性については，耐性限界は38℃から39℃の間の極限された範囲にあることが明らかとなった。ク

ルマエビの温度耐性は成長に伴なって，低下する場合があった。

温度の変化速度は，高温での24時間 TLm 値にはあまり影響を与えないようであるが，低温域の24時間 TLm 値には大きく影響する。

(5) クルマエビの潜砂習性は，体長0.8cm頃に出現し，夜行習性の出現時期と一致した，潜砂習性が確立するのは，体長2.5cm以後のようである。この1cmから3cmくらいまでの間での潜砂習性は，光，飢餓，底質粒度等によって影響をうけることが明らかとなった。

(6) ブラインシュリンプ成体を基準餌料とした場合，成長量と摂餌量の関係は次式で示された。

$Y = 0.82182X^{1.7469}$　　Y：摂餌量mg/1mm成長　X：体長mm

また，脱皮時に急激に摂餌量が減少するという摂餌習性は，体長1cm前後の頃は明らかでないが，体長2.5cmから3cmくらいの頃から明りょうに現われる。

(7) クルマエビの共喰いは，正常な状態では，24時間程度の飢餓では起らないが，飢餓状態が長くつづき，しかも群の体長組成の変動が大きく，24時間 TLm 値に近い高温が続いた時，また，低塩分が続いた時のように，クルマエビ個体間の活力の差が大きい場合には，共喰いが行なわれることが明らかとなった。

以上の結果を総合し，クルマエビの発育段階を，いわゆるポストラーバ変態直後から体長1cmまでを浮游期，これ以後2.5～3cmまでを移行期，移行期以後を，底棲生活期の三段階にわけた。

放流用種苗として供給されるクルマエビは，この移行期のものがほとんどであるので，この時期のクルマエビの生活特性に応じた，種苗放流方法のあり方の必要性について論じた。

謝　　辞

この研究は，別枠研究“浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究の一環として行なった。この研究を進める機会を与えられ討議，校正の労をとられた藤谷超博士に深謝の意を表する。また，倉田博博士，阪口清次博士には，この論文をとりまとめるにあたり助言をいただき感謝いたします。

クルマエビ種苗を供給された瀬戸内海栽培漁業協会，玉野事業所，山口県種苗センター，藤永クルマエビ研究所の方々，また，貴重な資料を貸与された山口県内海水産試験場，檜山節久氏，南西海区水産研究所，石岡清英氏に感謝いたします。

文　　献

1) 山本精二：養殖前後におけるクルマエビの体長と体重の関係，水産研究誌　33(5)　204—208 (1938)

2) 檜山節久他：クルマエビ稚仔の体長，体重測定結果（未発表）

3) 石岡清英：クルマエビ種苗の体長，体重測定結果（未発表）

4) 上田和夫：マダイ稚仔魚の餌料生物の分析結果（未発表）

5) W. Dall : Studies on the Physiology of a Shrimp, *Metapenaeus* sp. III. Composition and Structure of the Integument, Aust. Mar. Freshw. Res. 16 13—23 (1965)

6) 石田雅俊：クルマエビの放流用種苗条件と種苗生産技術研究（2報），福岡県豊別水産試験場研究業務報告　49—64 (1970)

7) 山口県水産試験場：クルマエビの低かん水に対する抵抗試験，昭和45年度瀬戸内海栽培漁業実践漁場設定調査報告書(1971)

8) Fudinaga Motosaku : Reproduction, Development and Rearing of Penaeus japonicus Bate Jap. Journ. Zool. 10 305—393 (1941)

9) 戸田有炳：車蝦の温度及び鹹度に対する抵抗，養殖会誌　6(12)　223—226 (1936)

10) 吉田裕：有明海のエビの生態，生活史に関する研究 (1960)

11) Zoula P. Zein-Eldin and G. W. Griffith : The Effect of Temperature upon the Growth of Laboratory-held Postlarval Penaeus aztecus, Biol. Bull. 131 (1) 186—196 (1966)
12) Zoula P. Zein-Eldin and D. V. Aldrich : Growth and Survival of Postlarval *Penaeus aztecus* under .Controlled Conditions of Temperature and Salinity, Biol. Bull. 129(1) 199—216 (1965)
13) Zoula P. Zein-Eldin : Effect of Salinity on Growth of Postlarval Penaeid Shrimp, Biol. Bull. 125(1) 188—196 (1963)
14) Zoula P. Zein-Eldin and George W. Griffith : An Appraisal of the Effects of Salinity and Temperature on Growth and Survival of Postlarval Penaeids, FAO Fish Rep. 3 (57) 1015—1026 (1969)
15) Malcolm C. Jhonson and J. R. Fielding : Propagation of the White Shrimp, *Penaeus Setiferus* (Linn.), in captivity, Tulane Studies in Zoology 4 174—190 (1956)
16) David V. Aldrich : Shrimp Fishery Program, Contribution of Bureau of Commercial Fisheries Biological Laboratory (183) 60—67 (1964)
17) J. B. Waxmann : The Effect of Thermal Gradients on Survival of Penaeus aztecus Postlarva, The Graduate Faculties of Long Island University, 1—19 (1971)
18) 鬼塚正治：車海老の習性並に其蓄養法，水産研究誌，9(11) 509—519 (1914)
19) 江草周三，山本正：クルマエビの呼吸に関する研究—Ⅰ潜砂習性と水中酸素濃度，日水誌 27(1) 22—26 (1961)
20) 三浦五郎，山口正男：クルマエビ *Penaeus japonicus* Bate の砂中潜入行動その他についての2，3の観察，水産増殖 2 (2, 3) 20—26 (1954)
21) Kwan So Ko, Makoto Suzuki, and Yasushi Kondo : An Elementary Study on Behavior of Common Shrimp to Moving Net, Bull. Jap Soc. Sci. Fish. 36(6) 556—562 (1970)
22) Charles M. Fuss : Observations on Burrowing of the Pink Shrimp. *Penaeus duorarum* Burkenroad, Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib. 14(1) 62—73 (1964)
23) D. A. Hughes : Factors Controlling Emergence of Pink Shrimp (*Penaeus duorarum*) from the Substrate, Biol. Bull. 134(1) 48—59 (1968)
24) W. Dall : Observations on the Biology of the Green Tail Prawn, *Metapenaeus mas- tersii*, Aust. J. Mar. Freshw. Res. 9 111—134 (1958)
25) Charles M. Fuss and Larry H. Ogren : Factors Affecting Activity and Burrowing Habits of the Pink Shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad, Biol. Bull. 130(2) 170—191 (1966)
26) 江草周三：クルマエビの呼吸に関する研究—Ⅱ酸素消費に関する予備実験，日水誌 27(7) 650—659 (1961)
27) 水田洋之介：干出に伴うクルマエビの行動について，昭和46年度 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，第2回地域推進会議資料 (1972)
28) 福原修：クルマエビの流れに対する抵抗性及び水深変化に対する行動について，(未発表)
29) 今泉圭之輔：潮の干満にともなうクルマエビ稚エビの行動に関する実験，栽培漁業技術開発研究 1(2) 47—54 (1972)
30) 池末弥：有明海におけるエビ，アミ類の生活史，生態に関する研究，西海区水産研究所報告 (30) 1—124 (1963)
31) 安田治三郎，鈴木正也，篠岡久夫：瀬戸内海のエビ漁業の合理化に関する研究，内海区水産研究所報告 (10)20—27 (1957)
32) 安田治三郎：瀬戸内海の蝦類の食性に関する研究，市邨学園短期大学自然科学研究会会誌 2(1)31—40

(1967)
33) 茂野邦彦：クルマエビの養殖技術に関する諸問題，水産増養殖叢書　19（1969）
34) 瀬戸内海漁業調整事務局，昭和45年度栽培漁業実践漁場設備調査の概要より（1970）
35) 倉田博，石岡清英，仁科重己，河野慈敬　放流種苗の減耗に関する研究：昭和46年度別枠研究成果：浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究　P. 16—25（1972）
36) 平松達男，多胡信良，寺田和夫，福岡県豊前水産試験場研究業務報告，クルマエビ種苗放流事業における放流技術と増殖された資源の利用形態について（第1報）P 1—33（1969）
37) 檜山節久，原建一：クルマエビ種苗放流追跡調査(2)，クルマエビ放流追跡調査報告書（1968）
38) 農業土木試験場：浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，昭和47年度別枠研究成果，中間報告（1972）
39) D. A. Hughes : Responses to Salinity Change as a Tidal Transport Mechanism of Pink Shrimp, Penaeus duorarum, Biol. Bull. 136　43—53（1969）
40) 倉田博：クルマエビ栽培における種苗とその播殖に関する諸原理について，南西海区水産研究所研究報告　(5)33—75（1972）
41) 阪口清次，石岡宏子，福原修：クルマエビ種苗飼育実験結果（未発表）
42) 永田樹三他：漁場環境の解明に関する研究，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究第1号（1971）
43) 杉本仁彌他：漁場環境の解明に関する研究，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究第2号（1972）
44) 永田樹三他：漁場環境の解明に関する研究，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究第2回推進会議資料（1973）
45) 倉田博，仁科重己，石岡清英：放流種苗の域耗に関する研究，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，昭和45年度別枠研究成果　5—32（1971）
46) 倉田博，仁科重己，石岡清英：放流種苗の減耗に関する研究，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究第2回地域推進会議報告資料（1973）

目　　次

月館　潤一

ノリの微生物学的研究-IV
養殖ノリの成長とその葉体の細菌相との関係について …… 1

月館　潤一

微量要素のノリの生育におよぼす影響に関するトレーサー研究-II
^{54}Mn および ^{65}Zn の吸収と環境条件 …… 9

福原　修

初期の飢餓がマダイ仔魚の生残り，成長および発育におよぼす影響について… 19

石岡　宏子・福原　修・阪口　清次

オイゲノールのクルマエビ稚仔に対する麻酔効果 …… 31

松里　寿彦・小林　博

海産ミドリムシ赤潮による魚類の斃死機構解明に関する研究 …… 43

倉田　博・Pusadee, Vanitchkul

実験室で飼育したモエビの幼生と稚エビ …… 69

吉川　浩二・斎藤雄之助

屋外タンク培養によるノリの人工発病実験
干出と病気の発生との関係について …… 85

吉川　浩二

赤潮生物 *Heterosigma inlandica* Hada, *Hemieutreptia antiqua* Hada, *Eutreptiella sp.* がノリ幼芽に与える影響について-I …… 111

Microbiological Studies of Porphyra Plants–IV

On the Relation between the Growth of the *Porphyra* Plants Cultivated in the Sea and the Bacterial Flora Accompanying the Plants

Jun-ichi Tsukidate

Introduction

It was reported in one of my previous papers[1] that the *Porphyra* plants cultured in the laboratory declined in growth, sometimes abnormal cells, or eventually died when some change was given to the bacterial flora accompanying the plants.

The present paper deals with a research carried out to see whether such relations between *Porphyra* plants and bacterial flora observed in the laboratory do exist in the sea or not. The isolated microorganisms were identified to the level of their generic position.

Materials and Methods

Sampling of *Porphyra* plants: Samplings of *Porphyra* plants were made usually twice a week during a period from Oct. 19, 1970 through Feb. 16, 1971 from a culture bed set in the bay bottom off Inokuchi-cho, Hiroshima city, by picking up one or two thalli with a sterilized pincette at random from one or two portions of a *Porphyra* cultivation net, and they were placed in a test tube and brought to the laboratory within one hour.

Microorganism isolation method: The microorganisms attached to the *Porphyra* plant thalli were isolated by the two methods reported in the previous paper[2] applied singly or jointly, namely the method to streak on agar plate and the method to use homogenizer.

Medium for microorganism isolation: Various media, such as ZoBell medium, ZoBell 2216, ZoBell 2216 E, modified ZoBell 2216 E and *Porphyra* plant extract medium, all prepared by using artificial sea water as the basic component, and artificial sea water, artificial sea water plus meat extract and potassium nitrate, and artificial sea water plus peptone and potassium nitrate, were checked for their applicability. As a result, the modified ZoBell 2216 E medium was found to be goodfor culture of many isolated microorganisms, so this medium was adopted for the present research. (Table 1)

Identification of microorganisms: To identify the isolated microorganisms to the level of their generic position, the following bacteriological tests were carried out by the methods described herein.

1. **Morphology**

Morphology of bacterial colonies and cells was studied when they distinctly de-

Received: March 1, 1974. Contribution No. 38 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

veloped on agar plates which has been streaked and incubated at 20°C for one day to one week.

2. **Gram stain**

Gram stain was checked by the routine method.

3. **Flagellum stain**

Flagella were examined by staining them according to the Loffler's method.

4. **Motility**

Motility of cells was checked by examining hanging-drop preparations of young cultures under the microscope.

5. **Spore stain**

Spores were examined by staining them according to the Moller's method.

6. **Oxidase test**

Oxidase test by the Kovacs'[3] method was applied to the colonies on the agar plate.

7. **Catalase test**

Isolated microorganisms were cultured on the slanting surface of agar medium, and catalase test was applied to this slant culture by pouring on it 1 ml of 3% H_2O_2 to examine whether or not gas bubbles would be generated immediately or five minutes later.

8. **Carbohydrate utilization**

Microorganisms were tested for their ability to dissimilate glucose when cultured in the marine oxidation-fermentation (MOF) medium of Leifson[4], using sea water in place of NaCl and pure water. The culture lasted for 14 days, and gas production as well as carbohydrate utilization was checked every day.

The isolated microorganisms were identified according to Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, Breed et al. (1957)[5], and also to the works by Cowan et al. (1965)[6], Shewan et al. (1960)[7], and Shinano (1965)[8].

Observation: Observations of plant thalli and microorganisms attached to them were made with three different groups of plants, namely those cultivation of which was started on Sept. 29 and on Oct. 20, and those cultivated from Oct. 20 to Nov. 30, 1970, then store in the refrigerator at around −20°C till Jan. 6, 1971, and cultivated again from Jan. 7, 1971. The appearance rate of the bacterial colonies on agar plates was shown in the order of 10% because the borders of colonies in some cases were not clear.

Results and Discussion

The results of morphological observations of the cultivated thalli are summarized in Tables 2, 3 and 4, and the results of microbiological observations are shown in Tables 5, 6, 7 and 8. The isolated microorganisms identified to the level of genus and their characters are shown in Tables 9 and 10. Microorganisms isolated and identified to the level of genus were all bacteria, of which *Staphylococcus* and *Aeromonas* were also found on the *Porphyra* thalli cultured in vitro.

In the plant group cultivated from Sept. 29, 1970, many of the plant cells were found to have turned pale in colour and died 3 days after the *Vibrio* 1 had become predominant. Calluses were found to appear on the thalli sampled on and after Nov. 2, and in parallel with the *Aeromonas* 3 and the *Vibrio* 1 increased in number. In the

plant group cultivated from Oct. 20, 1970, the faded and dead cells, as well as the *Vivrio* 1 were not observed to increase throughout the cultivation period. Calluses were observed abundantly on the thalli sampled on Nov. 9 and 12, when the *Aeromonas* 3 was predominant. In the plant group cultivated from Jan. 7, 1971, by setting refrigerated nets in the sea, the thalli appeared to be unhealthy in color and they became pale by Jan. 17. So it was impossible to observe any correlation between the *Porphyra* plant and the appearance made by microorganisms. Calluses were not observed though there was an increase of the *Aeromonas* 3 on the thalli sampled on Jan. 21 and 26, 1971. The *Vibrio* 1 seemed to have had some effect on the production of the pale and dead cells. Whether the Aeromonas 3 has effect on the production of calluses or not is still uncertain. When calluses was observed, the *Vibrio* 1 increased in some case.

Table 1. Component of the medium used for microorganism isolation in the present research

Chemically defined medium	100 ml
Meat extract	0.2 g
Peptone	0.5 g
Potassium nitrate	0.05 g
Agar	1.5 g

Table 2. Observation of the *Porphyra* thalli cultivated from sept. 29, 1970.

Date	Thallus length*	Morphological remarks.
Oct. 23	5 mm	Thalli contorted.
Oct. 27	1 cm	Thalli contorted or dwarf.
Oct. 30	3 cm	Thalli contorted or dwarf.
Nov. 2	5～6 cm	Thalli contorted or dwarf, not healthy. Red spots were seen on the plants. Groups of clumped cells and red or faded cells were seen.
Nov. 5	8～10 cm	Thalli pale coloured. Clumped cells were scattered. Groups of red or pale cells were scattered. Cells with a shrinked chromatophore were seen.
Nov. 9	12～15 cm	Many clumped cells were seen. Groups of red or faded cells were seen. Enlarged cells and cells containing many granules were observed. Reproductive cells were formed. Bacteria were observed increasing.
Nov. 12	15～20 cm	Thalli stopped growing. Clumped cells were observed increasing. Groups of red or faded cells were seen increasing, and enlarged cells and cells containing granules decreasing. Thalli looked unhealthier than the preceding ones.
Nov. 16	30～35 cm	Clumped cells were observed. Red and faded spots were seen on the thallus surface. Thalli shirnked and with decay of tips. Groups of faded cells were greater in number than in the preceding thalli.

* The upper limits of the thallus length are shown excepting those of extremely long thalli.

Table 3. Observation of the *Porphyra* thalli cultivated from Oct. 20, 1970.

Date	Thallus length	Morphological remarks
Nov. 9	5 mm	Thalli contorted. Many clumped cells were seen. A few groups of pale cells were seen.
Nov. 12	1 cm	Clumped cells were seen. A few groups of red and pale cells were observed.
Nov. 16	1～1.5 cm	Thallus tips decaying as a result of dense growth of germlings. Clumped cells were seen. Groups of red and pale cells were seen. Holes were fomred in a line.
Nov. 20	2 cm	Thalli in dense growth. Clumped cells were observed increasing. Remarkable red dots on the thallus surface were seen. Groups of pale cells, enlarged cells, and cells containing granules were seen. Groups of red cells were formed in mosaics. Bacteria were observed increasing.
Nov. 24	5 cm	Thalli were seen to have grown well, and in good colour. Enlarged cells were seen.
Nov. 27	5～6 cm	Thalli were seen to have grown slowly, but in good colour. Clumped cells and red dots on the surface were seen. Groups of pale and red cells were seen.
Dec. 1	6～7 cm	Thalli growing slowly. Groups of red and pale cells were seen. Cells with a large vacuole and plasmolyzed cells were seen. Pythium sp. was abundant on thallus surface.
Dec. 7	10 cm	Thalli stopped growing, decaying at tips and along margins. Red dots or the symptoms of the disease called "Akagusare" were seen. Clumped cells were observed decreasing. Groups of red, pale, and green cells were seen.

Table 4. Observation of the *Porphyra* thalli cultivated from Oct. 20 to Nov. 30, 1970, then stored in the refrigerator at around −20°C for about one month, and cultivated again from Jan. 7, 1971

Date	Morphological remarks
Jan. 14	Thalli were soft and ready to decay. Groups of red and pale cells were seen abundantly. Groups of green cells, cells containing granules, and cells with a large vacuole were observed.
Jan. 18	Thalli were seen to have grown, but contorted, soft and ready to decay. Groups of red, pale, and green cells, cells with granules, and cells with a large vacuole were seen. Reproductive cells were formed.
Jan. 21	Thalli were pale, soft, and ready to decay. Groups of pale cells were decreasing. Pythium sp. was abundant on thallus surface. Reproductive cells were formed all over the thallus.
Jan. 26	Thalli stopped growing, pale in colour, and decaying at tips and along margins. Pythium sp. was abundant on thallus surface. Reproductive cells were formed all over the thallus.

Table 5. Microorganisms isolated from the *Porphyra* thalli cultivated from Sept. 29, 1970 by streaking on agar plate.

Baterial starin \ Date of sampling	Oct. 23	Oct. 27	Oct. 30	Nov. 2	Nov. 5	Nov. 9	Nov. 12	Nov. 16
①	○*	○	○	10**				
②	○	○	○	○				
③	○	○	○	○	10			
④				○	○			
⑤	○		○	10	20	30	30	30
⑥		○	40	10	10	30	30	40
⑦			40				○	
⑧	30	40		50	30	20	20	10
⑨	40	30			30			○
⑩		○	○					
⑪	○							
⑫						○		
⑬								

*○ indicates microorganism colonies which did not make their appearance clearly
** The figure shows the percentage of bacterial colonies appeared.

Table 6. Microorganisms isolated from the *Porphyra* thalli cultivated from Oct. 20, 1970 by streaking on agar plate.

Bacterial strain \ Date of sampling	Nov. 9	Nov. 12	Nov. 16	Nov. 20	Nov. 24	Nov. 27	Dec. 1	Dec. 7
①					○	○	○	○
②		20		○				
③	20			○	○	○	○	
④								
⑤	20	10	○	20		○	○	○
⑥	20		○		○	○	○	○
⑦								
⑧	40	40	○	20	○	○	○	○
⑨		20	○	20	○	○	○	○
⑩								○
⑪								
⑫					○		○	
⑱				20		○		

Table 7. Microorganisms isolated from the *Porphyra* thalli cultivated from Oct. 20, 1970 by using a homogenizer

Bacterial strain \ Date of sampling	Nov. 9	Nov. 12	Nov. 16	Nov. 20	Nov. 24	Nov. 27	Dec. 1	Dec. 7
①			○		30		10	○
②	○	○		○				
③	○	10		○			○	
④						10		
⑤		60	○	30		40	10	○
⑥			○				10	○
⑦								
⑧			○				10	○
⑨	20		○				10	○
⑩	20	20		30	30	30	20	
⑪	20							
⑫	20				○	○		
⑬								

Table 8. Microorganisms isolated from the *Porphyra* thalli cultivated again from Jan. 7, 1971 by streaking on agar plate.

Bacterial strain \ Date of sampling	Jan. 14	Jan. 18	Jan. 21	Jan. 26
①	20	10	10	10
②		○		
③			○	○
④			○	○
⑤	○	○	30	50
⑥	20	10	20	10
⑦	20	20	10	10
⑧	20	30	10	10
⑨		10	10	○
⑩	○	○		○
⑪	○			
⑫				
⑬				

Table 9. Morphological and biochemical characteristics of microorganisms isolated from *Porphyra* thalli in *Porphyra* culture year, 1970.

Micro-organism	Morphology	Gram stain	Flagella	Moti-lity	Spore	Oxi-dase	Cata-lase	O-Ftest gas produc-tion	H_2S produc-tion
strain ①	Circular, entire, R. 0.5×1.4 μ	−	Pe	+	None	−	+	F.G	+
strain ②	Circular, entire, red R. 0.7×1.7 μ	−	Pe	+	None	−	+	F.G	+
strain ③	Circular, entire, yellow R. 0.5×1.4 μ	−	Po	+	None	−	+	O.	−
strain ⑤	Circular, entire R. 0.65×2.25 μ	−	Po	+	None	+	+	F.G	+
strain ⑥	Circular, irregular R. 0.8×2.5 μ	−	Po	+	None	+	+	F.	+
strain ⑧	Circular, entire R. 0.5×2.0 μ	−	Po	+	None	+	+	F.	+
strain ⑩	Circular, entire light yellow, S. 1.1 μ	+	None	−	None	−	+	F.	+
strain ⑪	Circular, entire R. 0.8×1.5 μ	−	None	+	None	+	+	F.G	−

G. gas production; F. fermentative; O. oxidative; Pe. peritrichous; Po. polar

Table 10. Identification to the level of genus of microorgamisms isolated from *Porphyra* thalli in *Porphyra* culture year, 1970

Microorganisms	Genus
strain ①	Enterobateriaceae 1
strain ②	Enterobacter 1
strain ③	Xanthomonas 1
strain ⑤	Aeromonas 3
strain ⑥	Vibrio 1
strain ⑧	Vibrio 2
strain ⑩	Staphylococcus 2
strain ⑪	Beggiatoa 1

Bacillus 1 which had effect on the production of pale and dead cells on *Porphyra* thalli in the laboratory experiments was not isolated in the present investigation. From this fact it may be said that the relationships between the *Porphyra* thalli and the accompanying bacteria in situ differ from those found in vitro. Or there may exist a synbiotic relation between plant and bacteria which includes similar relations observed in laboratory and in nature, but further studies are needed to reach a conclusion. During the present investigation, pale and dead cells on *Porphyra* thalli were observed to increase in several occasions, but they never developed so much as causing industrial damages, so no conclusive remark can be made whether or not the *Vibrio* 1 is a cause of the *Porphyra* disease "White rot".[9]

The author wishes to express his heartfelt thanks to Professor Buhei Zenitani of

the Nagasaki University, Dr. Koichi Okutani of the Kagawa University, Dr. Yunosuke Saito of Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, who gave him valuable suggestions. And the author expresses his gratitude to Emer. Professor Jun Tokida of the Hokkaido University for correcting the manuscript.

Summary

1. This paper reports a result of the study carried out to see if there exists in the sea the synbiotic relations between the *Porphyra* thalli and the accompanying bacteria which were observed in the laboratory.

2. As *Bacillus* 1 was not isolated in this study, the synbiotic relations between *Porphyra* and microorganisms are supposed to be more complicated than observed in vitro.

3. Production of pale and dead cells on *Porphyra* thalli is considered to be related with the effect of *Vibrio* 1.

4. The bacteria isolated from Porphyra thallus and identified to the level of genus are *Enterobacteriaceae* 1, *Enterobacter* 1, *Xanthomonas* 1, *Aeromonas* 3, *Vibrio* 1, *Vibrio* 2, *Staphylococcus* 2 and *Beggiatoa* 1.

References

1) Tsukidate, J., 1971: Microbiological studies of *Porphyra* plants-III. Abnormality on the growth of *Porphyra* plants by the disturbance of the bacterial flora accompanying the plant. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 4, 1–12.

2) ————., 1970: Microbiological studies of *Porphyra* plants-I. Studies of bacteria isolation methods. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 3, 19–22.

3) Kovacs, N., 1956: Identification of *Pseudomonas pyocyanea* by the oxidase reaction. Nature, 178, 703.

4) Leifson, E., 1963: Determination of carbohydrate metabolism of marine bacteria. J. Bact., 85, 1183–1184.

5) Breed, R. S., Murray, E. G. D., and Smith, N. R., 1957: Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 7th ed., Williams & Wilkins, Baltimore.

6) Cowan, S. T. and Steel, K. J., 1965: Manual for the Identification of Medical Bacteria. Cambridge University Press.

7) Shewan, J. M. et al., 1960: A determinative scheme for the identification of certain genera of gram-negative bacteria, with special reference to the *Pseudomonadaceae*. J. Appl. Bact., 23, 379.

8) Shinano, H., 1965: Agar softening bacteria isolated from sea water. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 31, 840–847.

9) Suto, S., Saito, Yn., Akiyama, K., and Umebayashi, O., 1972: Text book of diseases and their symptoms in *Porphyra*. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 18, 1–37.

Tracer Experiments on the Effect of Micronutrients on the Growth of *Porphyra* Plants-II

Manganese-54 and zinc-65 Assimilation in Relation to Environmental Factors

Jun-ichi Tsukidate

Introduction

Studies on the absorption of micronutrients by *Porphyra* plants are difficult if appropriate methods for culturing *Porphyra* and reliable standards for judging a plant's nutrient-deficiency symptom are not established. Furthermore, the studies of this kind find difficulties in obtaining totally pure nutrient salts and in eliminating contaminants unexpectedly introduced during culture experiments.

The author used radioisotopes since 1966 to investigate the micronutrient requirement of *Porphyra* plants in relation to environmental factors. The present paper deals with the result of manganese-54 and zinc-65 assimilation experiments under various conditions. Manganese and zinc are trace metals essential for the growth of *Porphyra* plants Manganese has relation to oxidative enzymes and zinc to oxidizing-reducing reactions and photosynthesis.

The present experiments were carried out on the assumption that the *Porphyra* plant assimilates manganese and zinc regardless of their chemical types, whether they are stable or unstable, colloidal or ionic in form. And most of manganese and zinc in the medium were considered chelated and ionized owing to the presence of Na_2EDTA.

Materials and Methods

The plant mainly used in the experiments was *Porphyra leucosticta* Thuret collected at Woods Hole in 1965 and maintained in the laboratory through monospores using artificial sea water. From a proper portion of its thallus about two months old, a round piece was cut off with a leaf-puncher. The punched pieces of the thallus, 8 mm in diameter were put in the vessels containing artificial sea water and at 8–10°C, 9 hour day light, and 3,000 lux.

Five to ten of pieces of the thallus thus preserved, were put into a 100 ml Erlenmeyer flask containing artificial sea water, and the flasks were placed in a case kept at a constant temperature and light intensity. Then a proper amount of manganese-54 or zinc-65 was added into the flasks and they were covered with a cotton stopper. The flasks were shaken at times to expose all the thallus pieces uniformly to the light. After a lapse of a certain time, the thallus pieces were taken out, fixed in 5–10% formalin in sea

Recieved: March 1, 1974. Contribution No. 39 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

water, and dried on paper as done for herbarium specimens.

The radio-activity measurement of the samples was mainly carried out in a well-type gamma ray NaI scintillation counter. The dried thallus pieces on paper were brought to the counter plate and all measurements were made at room temperature ($20\pm2°C$), recording either the time passed until the counts reach 10,000 in total or the number of counts per 5 minutes. No account was taken of isotope effect.

Results

I. Manganese-54 assimilation in relation to environmental factors

1. Temperature

The rate of assimilation was observed at various temperatures, namely at 8–9°C, 18–19°C, and 27–28°C, under the light intensity fixed at 3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 5 μCi per 50 ml for one hour. Eeffct of temperature upon the assimilation rate was not observed in the range of the temperatures examined.

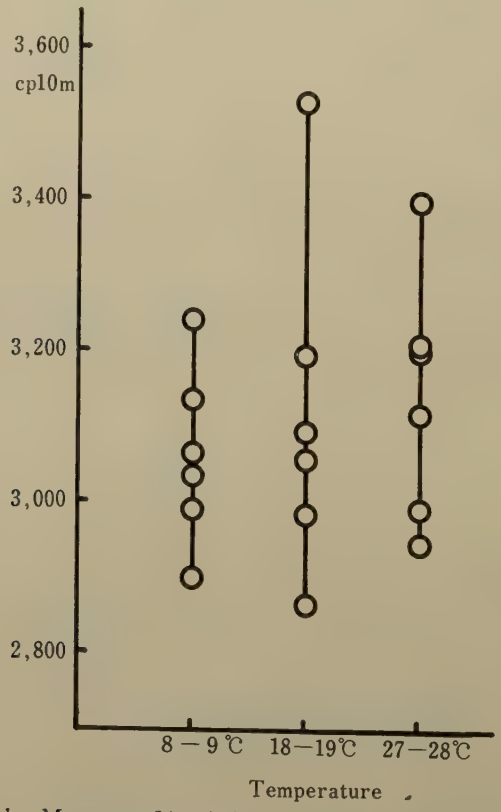


Fig. 1. Manganese-54 assimilation in relation to temperature.

2. Light intensity

The rate of assimilation was observed at various light intensities, namely at 0 lux, 1,000 lux, 3,000 lux and 6,000 lux, under the temperature fixed at 9–10°C. The R.I. was put into the medium as much as 2 μCi per 50 ml for 24 hours. Effect of light

intensity upon the assimilation rate was not observed in the range of the light intensities examined.

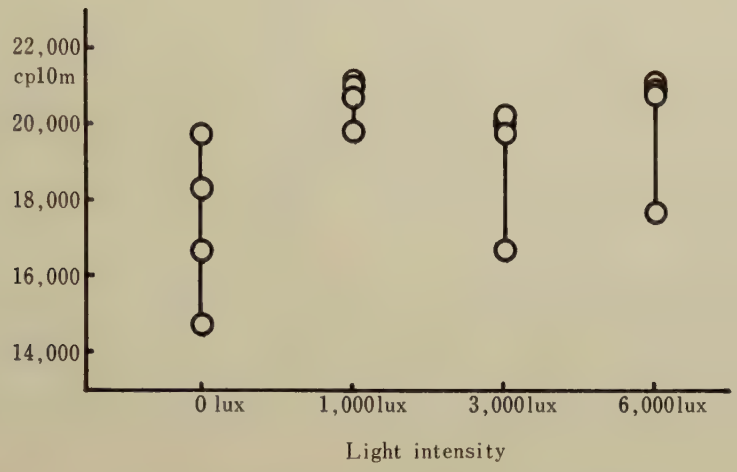


Fig. 2. Manganese-54 assimilation in relation to light intensity.

3. **Chlorinity**

The rate of assimilation was observed at various chlorinities, namely at 15.16‰, 12.13‰ and 7.58‰, under the temperature fixed at 10°C and the light intensity at

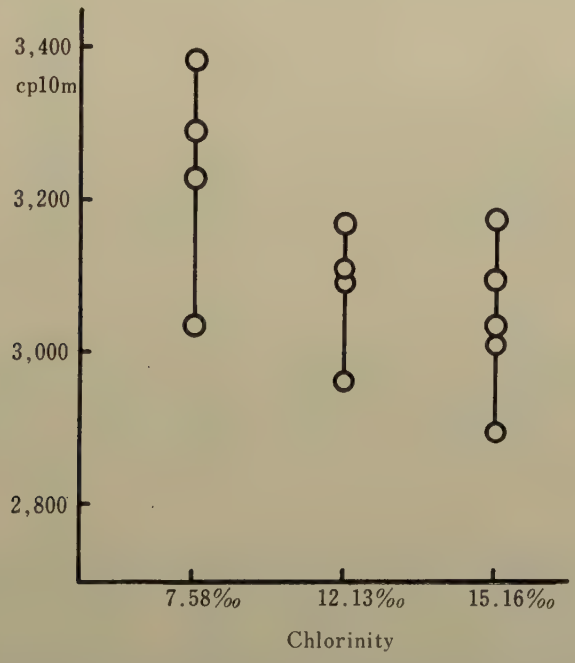


Fig. 3. Manganese-54 assimilation in relation to chlorinity.

3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 5 μCi per 50 ml for 3 hours. Effect of chlorinity upon the assimilation rate was not observed in the range of the chlorinities examined.

4. **pH**

Effect upon the assimilation rate of various pH degrees, namely pH 7, 7.5, 8, 8.5 and 9 was investigated under the temperature fixed at 9–10°C and the light intensity at 3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 2 μCi per 50 ml for 24 hours. The assimilation rate accelerated at pH between 7.5 and 8.5, but retarded at pH below 7.5 or over 8.5.

5. **Na_2EDTA concentrations**

The rate of assimilation was observed at various concentraions of Na_2EDTA, namely at 0.1 mg%, 0.3 mg%, 1 mg%, 3 mg% and 10 mg%, under the temperature fixed at 10°C and the light intensity at 3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 5 μCi per 50 ml for one hour. The rate decreased with the increase of Na_2 EDTA concentrations examined.

II. Zinc-65 assimilation in relation to environmental factors

1. **Temperature**

The rate of assimilation was observed at various temperatures, namely at 8–9°C, 18–19°C and 27–28°C under the light intensity fixed at 3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 10 μCi per 50 ml for one hour. Effect of the temperature upon the assimilation rate was not observed in the range of the temperatures examined.

2. **Light intensity**

The rate of assimilation was observed at various light intensities, namely at 0 lux, 1,000 lux, 3,000 lux and 6,000 lux, under the temperature fixed at 9–10°C. The R.I. was put into the medium as much as 20 μCi per 50 ml for 18 hours. Effect of light intensity upon the assimilation rate was not observed in the range of the light intensities examined.

3. **Chlorinity**

The rate of assimilation was observed at various chlorinities, namely at 15.16‰, 12.13‰ and 7.58‰, under the temperature fixed at 10°C and the light intensity at 3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 10 μCi per 50 ml for 3 hours. Effect of the chlorinity upon the rate was not observed in the range of the chlorinities examined.

4. **pH**

Effect upon the assimilation rate of various pH degrees, namely pH 7, 7.5, 8, 8.5 and 9 was investigated under the temperature fixed at 9–10°C and the light intensity at 3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 20 μCi per 50 ml for 18 hours. Effect of pH change upon the rate was not observed in the range of the pH

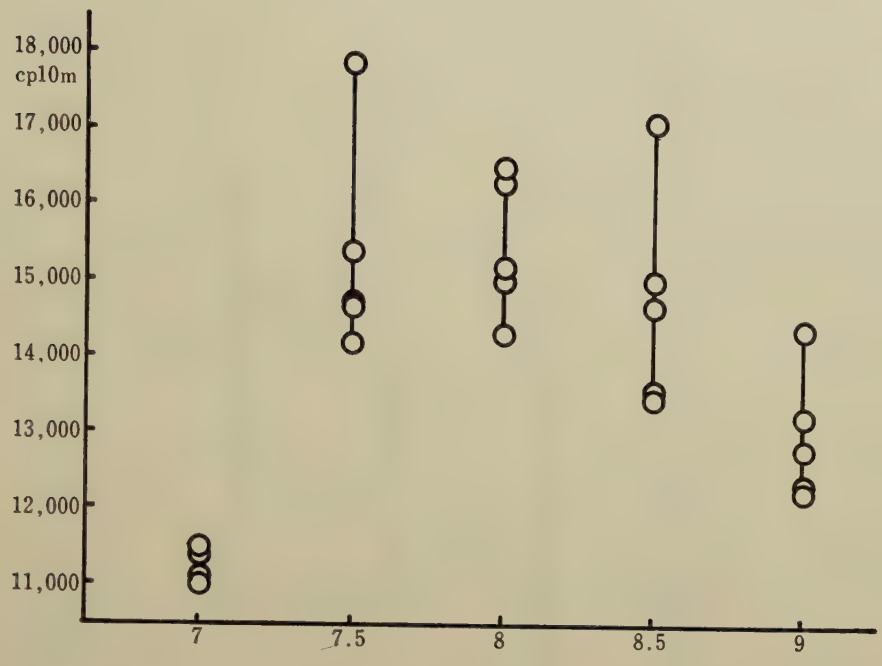


Fig. 4. Manganese-54 assimilation in relation to pH.

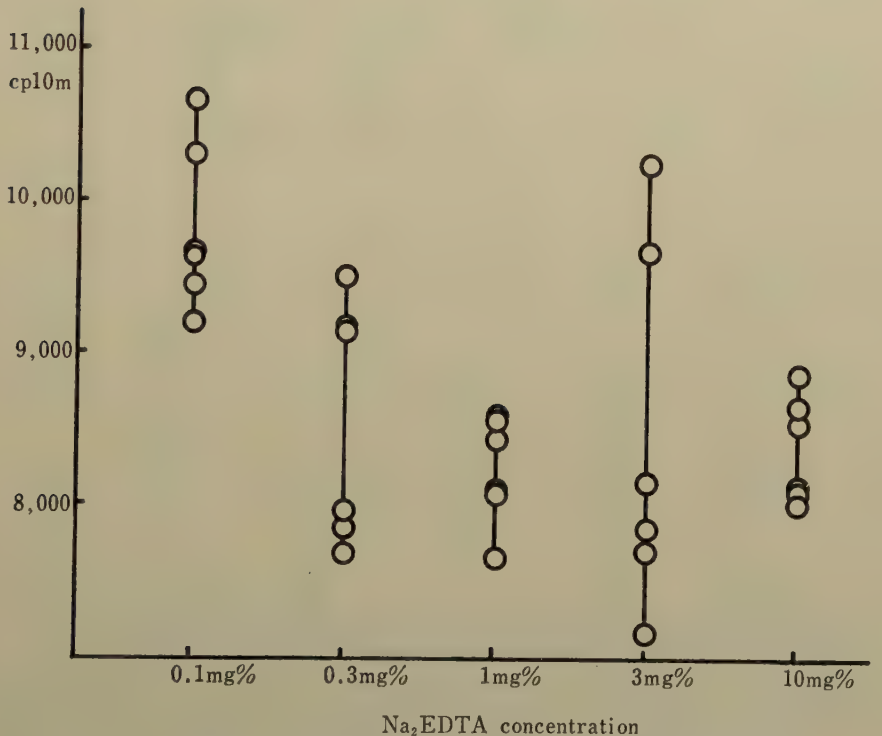


Fig. 5. Manganese-54 assimilation in relation to Na_2EDTA concentration.

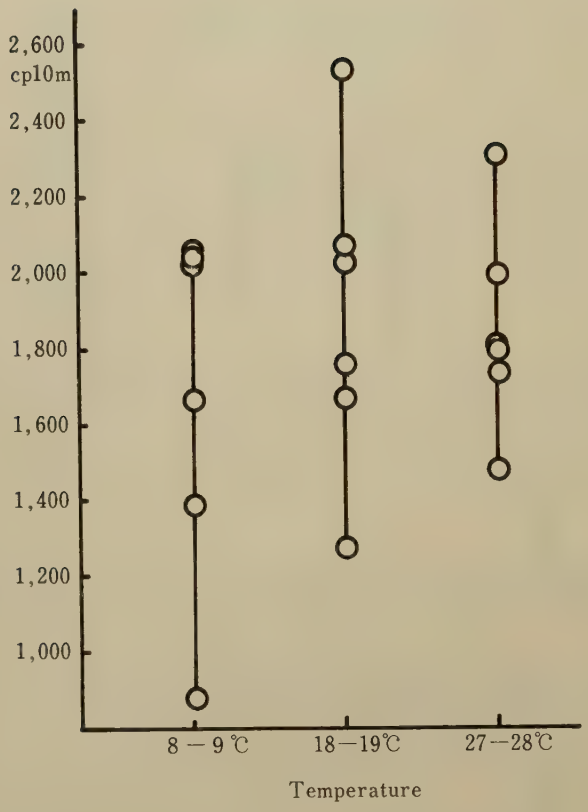


Fig. 6. Zinc-65 assimilation in relation to temperature.

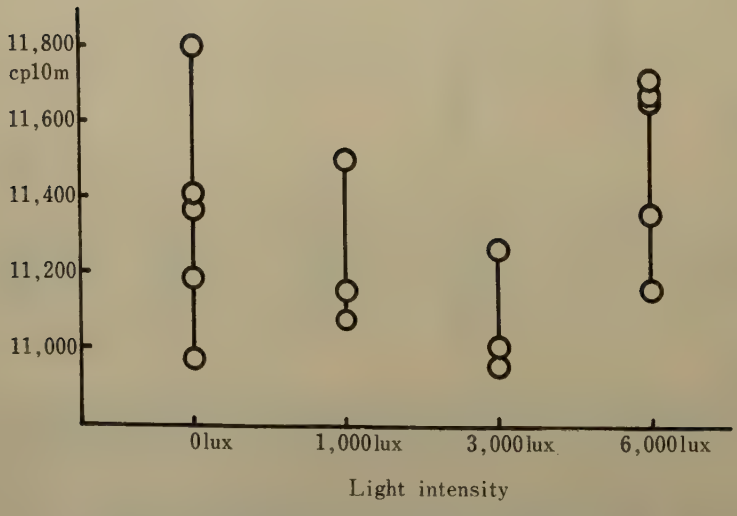


Fig. 7. Zinc-65 assimilation in relation to light intensity.

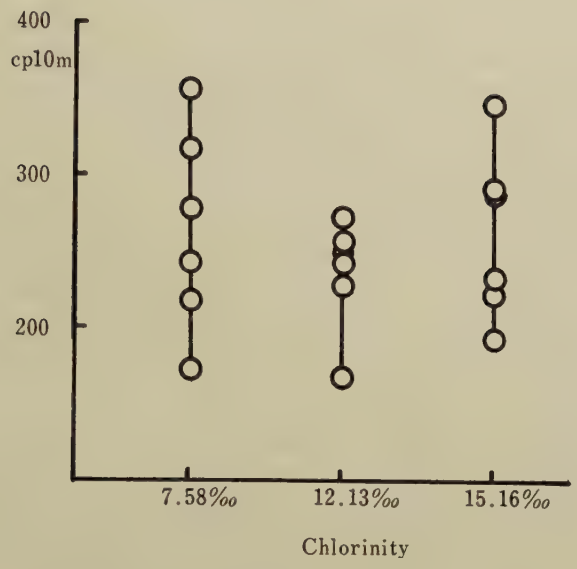


Fig. 8. Zinc-65 assimilation in relation to chlorinity.

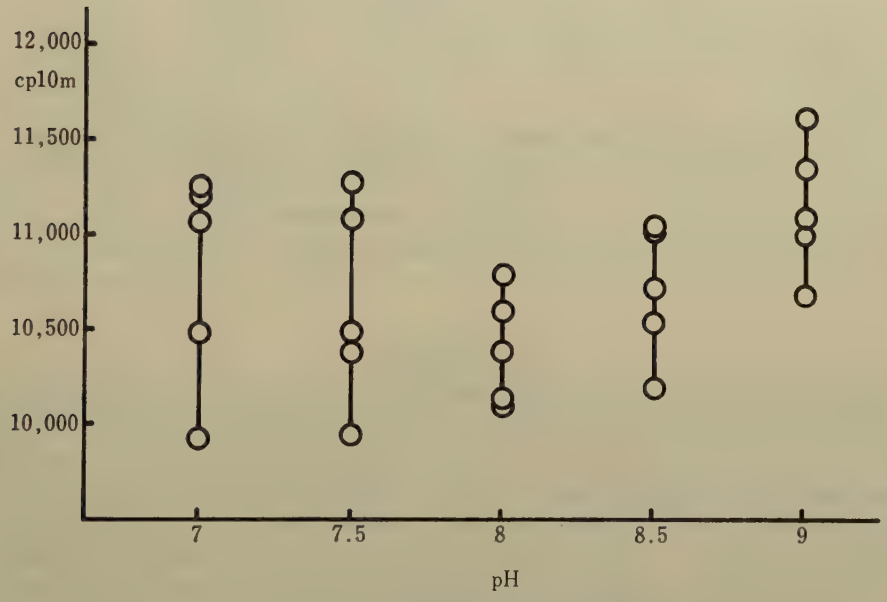


Fig. 9. Zinc-65 assimilation in relation to pH.

degrees examined.

5. **Na_2EDTA concentrations**

The rate of assimilation was observed at various concentrations of Na_2EDTA, namely at 0.1 mg%, 0.3 mg%, 1 mg%, 3 mg% and 10 mg%, under the temperature fixed at 10°C and the light intensity at 3,000 lux. The R.I. was put into the medium as much as 5 μCi per 50 ml for one hour. The rate decreased with the increase of Na_2EDTA concentrations examined.

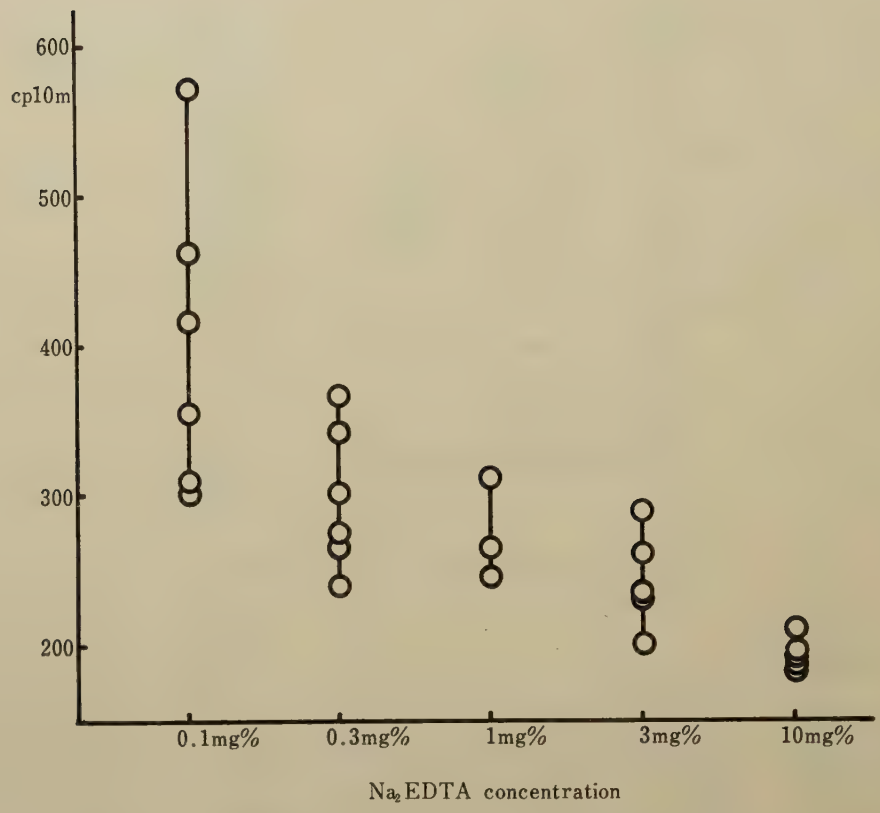


Fig. 10. Zinc-65 assimilation in relation to Na_2EDTA concentration.

Discussion

The rate of manganese-54 and zinc-65 assimilation by *Porphyra* plants was not affected by the changes of temperature, light intensity and chlorinity. The change of pH affected the assimilation rate of manganese-54 but not that of zinc-65. The amounts of manganese and zinc required for the growth of *Porphyra* plants are not surely known. The concentrations of manganese and zinc generally used in culture experiments of *Porphyra* are 0.04 mg% and 0.005 mg% respectively when 1 mg% of Na_2EDTA, a chelate substance, is present. The ratio between the concentration of Na_2EDTA and the total amount of trace metals is from 3: 1 to 1: 1 in the culture media used. Metal deficiency in the plant body occurs when the rate is over 3: 1, and metal precipitation occurs to cause toxicity when the rate is less than 1: 1. The rate of the micronutrients assimilation, in the present experiment, decreased with the increase of Na_2EDTA concentration. From this fact, it is assumed that there was neither metal deficiency nor toxicity within the limits examined. Therefore the result of so far reported culture experiments, which gave the favorable ratio of chelate as lying between 3: 1, and 1: 1 was confirmed again. From the results of the preceding and the present researches, it may be concluded that the behaviors of trace metals

differ with their nature.

The change in assimilation rate of micronutrients under various environmental conditions was judged by the figures. To make certain of the truth of the judgement, the analysis of variance in one-way classifications was practised. In the case of Mn-54 under various conditions of temperature, light intensity and chlorinity, the null hypothesis is accepted, since a variance ratio is less than an F value even the level of 5% significauce. However, under various conditions of pH and Na_2EDTA, it is rejected, because a variance ratio is greater than an F value even the level of 1% significance. In the case of Zn-65 under various conditions of temperature, light intensity, chlorinity and pH, the null hypothesis is accepted, since a variance ratio is less than an F value even the level of 5% significance. However, under various conditions of Na_2EDTA, it is rejected, because a variance ratio is less than an F value even the level of 1% significance. Thus the results judged by the figures were in accord with those calculated by the analysis of variance in one-way classification.

In order to solve the question whether the change of assimilation rate depends on absorption by the plant body or adsorption upon the plant surface, experiments using punched pieces of thallus killed with 5% formalin sea water were carried out in the same way. As a result, the assimilation rate was very slow and its amount was almost equivalent to that of the back ground.

The maximum amount of manganese-54 assimilation in artificial sea water, at 9–10°C, pH 8.2 and 3,000 lux, was 0.00135 μg per 50.24 mm^2 thallus piece, and that of zinc-65 assimilation in artificial sea water, at 9–10°C, pH 9 and 3,000 lux, was 0,0043 μg per 50.24 mm^2 thallus piece.

The author wishes to express his thanks to Professor Shunzo Suto of the Tohoku University and the members of Tracer experiments groups of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory for some valuable suggestions. And the author expresses his gratitude to Emer. Professor Jun Tokida of the Hokkaido University for correcting the manuscript.

Summary

This paper deals with a research carried out to know how much amounts of manganese-54 and zinc-65 are assimilated by *Porphyra* plants under various environmental conditions. The results obtained are as follows:

1. The main factor which affects the rate of manganese-54 and zinc-65 assimilations is the concentration of these stable isotopes themselves.
2. The manganese-54 assimilation is also affected by pH.
3. The maximum amount of manganese-54 assimilation in artificial sea water, at 9–10°C, pH 8.2 and 3,000 lux, was 0,00135 μg per 50.24 mm^2 thallus piece.
4. The maximum amount of zinc-65 assimilation in artificial sea water at 9–10°C, pH 9 and 3,000 lux, was 0,0043 μg per 50.24 mm^2 thallus piece.
5. The amount of manganese-54 or zinc-65 assimilation by *Porphyra* plants is so widely different with plant individuals or with portions of one and the same individual that the factors which were proved by the present experiments to be favorable for obtaining the maximum assimilations are not necessarily indisputable.

Reference

1) Tsukidate, J., 1971: Tracer experiments on the effect of micronutrients on the growth of *Porphyra* plants I. Iron-59 assimilation in relation to environmental factors. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 64, 89-100.

2) ————., 1970: Reports on *Porphyra leucosticta* Thuret. Bull. Jap. Soc. Phycol., 18 (3), 164–166.

初期の飢餓がマダイ仔魚の生残り，成長および発育に及ぼす影響について

福　原　　修

The Influences of Initial Delay of Feeding on Survival, Growth and Development of the Red Sea Bream Larvae, *Chrysophrys major* Tem minck et Shlegel

Osamu Fukuhara

The present paper describes the influences of starvation in the red sea bream larvae for the initial up to 5 days from mouth opening on survival, growth and development. The effects of starvation on general activity of the larvae are also studies.

Fertilized eggs were obtained from parent fishes held in a concrete aquarium. Hatched larvae were reared in 30*L* container.

The experimental larvae were divided into 7 groups. The first was starved to death. The second was fed immediately after mouth opening (control). The remaining 5 groups were starved for 1–5 days after mouth opening. The feeding schedule for these larvae was shown in Table 1.

The results obtained may be summerized as follows.

1) The newly hatched larvae survived for 8 days without food at temperature of 19.4–22.4°c. The growth of the starved larvae was observed only in the initial 4 days while some of the yolk and/or oil globule were still remained.

2) The initial starvation from mouth opening had considerable ill effects depending on the number of days of starvation on growth, development and survival of the larvae for the succeeding 15 days, but thereafter the 1- and 2-day-starved larvae showed a gradual recovery from these effects, and developed as far as in the control in size and morphogenesis at the end of experiment, 36 days after hatching.

3) Suitable food must be provided within 2 days at least after mouth opening, in order to achieve high survival rates.

4) Immediate feeding after mouth opening maintained a high survival rate during the first 2 weeks, but thereafter mortality rate became higher and the over all survival rate at the end of 36 day's experiment was by no means better than among the larvae starved for up to 2 days after mouth opening. It may be inferred, therefore, that the newly hatched larvae may contain some of the genetical mortals and the initial 2-day-starvation may have a selective effect of the larvae fitted for artificial rearing.

マダイの種苗生産技術は，ここ数年来急激に発展して事業的規模での生産もほぼ期待し得る段階に至っているが，今後はさらに優良な種苗を大量に確保するためには，なお改良すべきいくつかの問題を残している。その課題の一つとしては，たとえば，現在では孵化した仔魚はそのまますべてが飼育の対象とされているので，時として，仔魚の質において良否がみられる場合には飼育中に大量の斃死をすることがありそのために生産量に恒常性がみられないことが多い。もし，初期の段階で飼育に適した斉一性ある仔魚を

1974年3月11日受理　南西海区水産研究所業績40号

選別することができるならば，種苗生産過程の省力化は勿論，人為管理による計画的生産が可能となり，一層の発展が期待される。

孵化した仔魚の生残りに関与するであろう仔魚の質の良否は，親魚自体に由来する本質的な要素によるものと，生産過程における管理条件などに起因するものが考えられる。前者に関しては優良親魚の育成などが基盤となることは勿論であり，今後の育種技術の確立が望まれ，後者に関しては，得られた孵化仔魚の特性に適応した飼育管理技術，および質的に斉一性ある優良種苗の生産管理技術の確立が期待される。

一般に孵化仔魚は，卵黄吸収期頃から餌料の摂取が必要となり，重要な摂餌生態の転換期にあることから，初期餌料の有無がこの時期の仔魚の生残，成長などに大きく関与するものと考えられている。[1)2)]著者もマダイについて，初期の給餌の有無が仔魚の生残や成長などにどのように影響するかを検討するために一連の飼育実験を試みた。その結果，初期の短時間の飢餓は孵化仔魚の成長，歩留り，発育に対しては一時期は影響を及ぼしているが，最終的には差はみられなくなることが明らかになった。このことは，現在の技術段階で孵化した仔魚を飼育した場合，生残し得る仔魚および斃死すべき仔魚すなわち，孵化時点で仔魚の質的差異がすでにあることを示唆しており，初期段階での短期間の飢餓は質的に斉一性ある種苗を選別，生産する上での一つの有効な方法ともなると考えられるに至ったのでその概要を報告する。

本研究を進めるに当り，懇切な御指導と御校閲をいただいた元室長藤谷超博士，室長阪口清次博士，ならびに御校閲をわずらわした内海資源部倉田博博士に謹しんで感謝の意を表する。また供試材料の採取に御協力いただいた広島県水産試験場伏見徹研究員ならびに栽培漁業協会伯方島事業場樋口正毅技術主任に厚くお礼申し上げます。

材 料 と 方 法

供試したマダイ，*Chrysophrys major* の受精卵は，陸上水槽で養成した親魚が自然産卵したものを採取した。1970 年と 1972～73 年は，広島県水産試験場から，1971 年は栽培漁業協会伯方島事業場からそれぞれ南西海区水産研究所に持ち帰った。運搬には，自動車または調査船を用い，2～4 時間を要した。搬入した受精卵は，室内の流水式水槽内に設置した網生簀（円型，直径 30 cm，深さ 35 cm）で孵化させた。孵化までは通気は行なわず，濾過海水を常時流し管理した。孵化仔魚は，円形水槽（Polycarbonate 樹脂製，容量 30 *l*）で飼育し，水温の急激な変動を防ぐため流水浴槽内に設置した。飼育海水は，砂濾過した海水を使用し飼育中は少量の通気を行なった。飼育水槽の底部に沈積した残渣物は毎日，サイフォン，ピペットなどで除去し，海水の交換は 3～5 日おきに全量の 1/5 程度を行なった。飼育に使用した餌料はすべて生物餌料である。仔魚の発育に応じてマガキ，*Crassostrea gigas* 受精卵，シオミズツボワムシ，*Brachionus plicatilis*，ブラインシュリンプ，*Artemia salina* およびシオダマリミジンコ，*Tigriopus japonicus* を与えた。マガキの受精卵は，養殖ガキを用いて人工受精し，約 15～16 時間経過したものである。シオミズツボワムシ，シオダマリミジンコは，*Dunaliella sp.*, *Chlorella sp.* などを餌料として培養したものである。また，ブラインシュリンプは乾燥卵から孵化して 12 時間以内経過した幼生である。各生物餌料の投与期間は，供試魚が餌料の選択をできるよう重復させた。斃死個体は，毎日数回にわたってとりあげ尾数を記録した。水温は，原則として午前 9 時に測定した。以上の記録は各年次に共通である。

1970 年は，無給餌による仔魚の生存日数，成長を観察することを目的とした。実験水槽 2 個に孵化仔魚をそれぞれ 250 尾収容し，一方を無給餌区（S 1）とし全個体が死亡するまで無給餌で飼育し，他を給餌区（F 1）とし開口後ただちに給餌を行なった (Table 1. 参照)。毎日両区からそれぞれ 20 尾を無作為に取りあげ，全長，体長など測定した。

1971 年は，前年度の実験結果にもとづき開口後 2 日経過して給餌した場合の成長，歩留りおよび発育に及ぼす影響を観察した。実験には前年度と同様の水槽を用い，孵化仔魚をそれぞれ 300 尾収容した。餌料は前年用いたもののほかにブラインシュリンプおよびシオダマリミジンコを追加した (Table 1.)。開口当

日から給餌する区を給餌区（F 2-4），開口後 2 日経過してから給餌する区を初期無給餌区（S 2-4）とし，それぞれ 3 組設け，25 日間の飼育後，全尾数を取りあげ実験区別に生残尾数，全長，体長を測定し発育段階を観察した。

1972 年は，前年と同様の目的で実験水槽 8 個を用い，孵化直後の仔魚をそれぞれ 500 尾収容した。給餌区（F 5-8）は開口当日から，初期無給餌区（S 5-8）は開口後 2 日経過してからそれぞれ給餌した。孵化後 7 日，15 日，27 日および 36 日目に対照区と初期無給餌区からそれぞれ 1 区を抽出し生残個体全部を固定し前年と同様の観察を行なった。

1973 年は，適切な給餌開始時期を知るため初期の給餌開始日のちがいが成長，歩留りなどに及ぼす影響を観察した。実験水槽は 6 個用いそれぞれに孵化仔魚 500 尾を収容した。給餌区（B 9）は開口当日から給餌し，初期無給餌 5 区（S 9-13）はそれぞれ開口後 1, 2, 3, 4, 5 日間経過してから給餌をはじめた。25 日間飼育の後，全区の生残個体を固定し，生存尾数，全長，体長を測定，観察した。

稚仔魚の固定には，5 % 中性ホルマリンを使用し，体長測定はすべて万能投影器で拡大し，光電式マイクロメータで計測した。また発育の観察は，実体顕微鏡と万能投影器を用い，主として稚仔魚の外部形態上の特徴である仔魚膜の形状変化，尾下骨と基底部の形成，鰭条の発生および尾鰭の後縁形状などを基準として 3 段階に区分した (Fig. 4.)。

結　　果

飼育条件として各年度の飼育期間，水温，餌料の種類と投与期間を Table 1. に示した。投餌期間は孵化後の日数で示した。1972 年における飼育水温が他年度に比べ最も低く，仔魚の開口時期がいずれの年度より 1 日遅れた。飼育に用いた濾過海水中には検鏡の結果とくに仔魚の餌料となるような生物は認められなかった。斃死魚は毎日とりあげ計数したが，不明魚が多く正確な日間死亡数は得ることができなかった。これは主として実験開始当初の仔魚がきわめて小さいことと，斃死魚が短時間のうちに分解されることなどから底部に沈積してもその発見がむつかしいことによるものである。

Table 1.　Rearing conditions of experimental larvae in 1970–'73.

Date	Temperature (°C)	Lot No.	Feeding schedule			
			Oyster larvae	Rotifer	*Artemia* nauplii	*Tigriopus*
May 28-June 6, 1970	19.4—22.0	F1	2–8	4–8		
		S1	–	–		
May 21-June 14, 1971	18.3—20.1	F2–4	2–8	7–20	18–26	21–26
		S2–4	4–8	7–20	18–26	21–26
May 15-June 21, 1972	16.8—19.2	F5–8	3–8	7–20	18–36	21–36
		S5–8	5–8	7–20	18–36	21–36
May 1-June 24, 1973	17.3—21.1	F9	2–8	7–20		21–25
		S9	3–8	7–20		21–25
		S10	4–8	7–20		21–25
		S11	5–8	7–20		21–25
		S12	6–8	7–20		21–25
		S13	7–8	7–20		21–25

Feeding schedule is shown by the days after hatching. F groups are fed as soon as the mouth is open. S groups are starved for varing number of days following mouth opening.

1. 無給餌飼育による仔魚の成長と減耗

1970 年の実験における無給餌区と給餌区における供試魚の経過日数に伴なう全長組成の変化を Fig. 1. と Table 2. に示した (1970)。

供試魚は，孵化後 2 日目に開口し，開口時の全長は，3. 45 mm であった。給餌区，無給餌区とも仔魚の卵黄は孵化後 3 日目に吸収された。無給餌区の仔魚は，飼育水温 19. 4～22. 0°C で孵化後 8 日目に全供試個体が斃死した。全長は孵化後 4 日目に最大平均 3. 55 mm に達するが，以後伸長は認められない。成長の限界時期である孵化後 4 日目までの日間成長は 0. 177 mm である。

無給餌区における成長と外部形態，減耗との関連をみるため無給餌飼育の場合の減耗曲線と開口，卵黄および油球吸収の時期を Fig. 2. に示した。これは本実験と並行して行なったもので 50 尾の仔魚を供試し

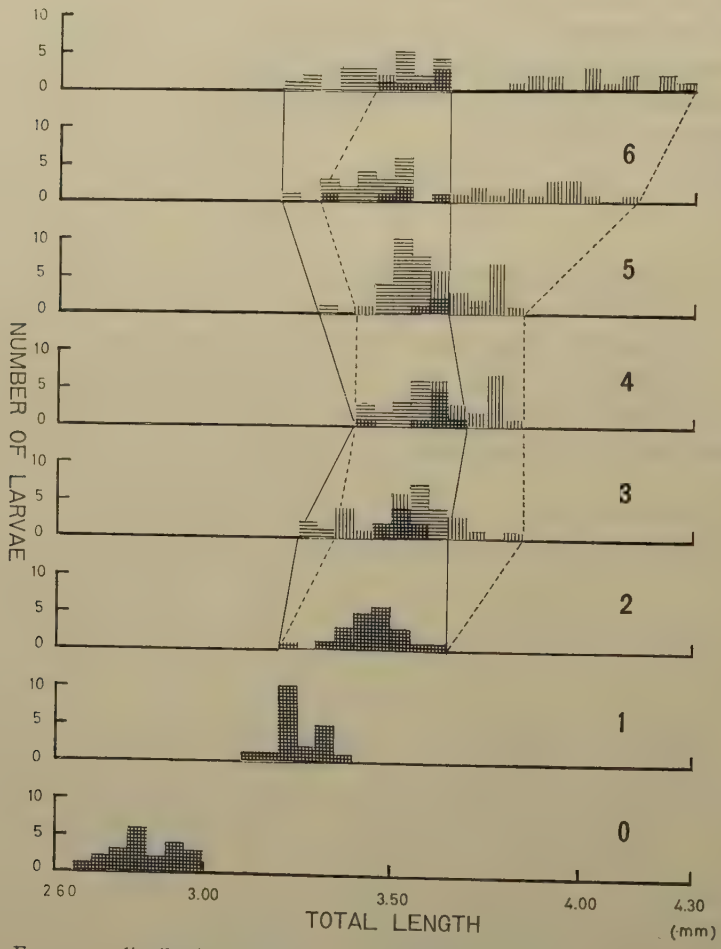


Fig. 1. Frequency distribution of total length of the 1970 experimental larvae. Those for fed larvae are shown by the histogram with vertical bars and those for starved with horizontal bars. The solid and the broken lines denote respectively range of the total length of the starved and the fed larvae.

Note the difference in the variation of range of size between starved and fed larvae. Numerals in the graph show the number of days passed after hatching.

Table 2. Total length of the fed and the unfed larvae in the 1970 experiment. The unfed are starved to death.

Date	Days after hatching	Fed			Unfed		
		Mean TL. (mm)	SD	N	Mean TL. (mm)	SD	N
May 29	0	2.84	0.08	21	the same as in the fed		
May 30	1	3.25	0.05	20	larvae		
May 31	2	3.45	0.08	21			
June 1	3	3.52	0.10	20	3.52	0.11	20
June 2	4	3.68	0.08	21	3.55	0.06	20
June 3	5	3.67	0.15	24	3.52	0.05	25
June 4	6	3.83	0.21	20	3.44	0.09	20
June 5	7	3.89	0.27	21	3.47	0.13	21

N=Number of larvae measured
SD=Standard deviation

斃死魚を観察しやすいガラス水槽（10 *l* 容量）を用いた。その結果，不明魚は3尾で一応無視できるものと考えた。無給餌区における仔魚の成長限界をこの曲線上でみると孵化後4日目はほぼ卵黄吸収期に相当している。その発育段階における歩留りは約90%である。油球が吸収される孵化後6日目頃は，歩留りは約50%を示し，仔魚の伸長は停止する。

実験水槽内での仔魚は，卵黄吸収時前後は上層で浮游し時々活潑な行動を示すが，油球吸収時はほとんどの仔魚が静止した状態で中層ないし下層に位置するか，あるいは水槽底部に横たわり卵黄吸収時と油球吸収時では行動面で明らかな差異が観察された。

給餌区は，孵化後2日目，すなわち仔魚の開口当日から給餌を行なったが給餌1日後にはすでに無給餌区との間に成長差が現われた。以後，給餌区は成長と共に全長の変異幅が次第に大きくなった。とくに6日目からその傾向が著しく現われた。給餌区における孵化後7日目の全長は 3.89 mm で孵化からの日間成長は 0.15 mm で，無給餌区の成長限界時期である孵化後4日目までの日間成長は 0.210 mm である。両区における孵化後4日目までの日間成長の差，0.210−0.177=0.033 mm，が仔魚が外部から餌料を摂取したことによる成長差と考えられる。

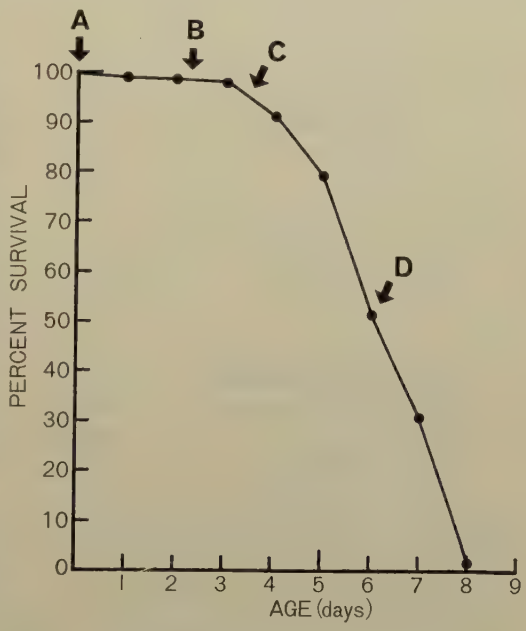


Fig. 2. Survival curve for the unfed larvae (S–1) after hatching.
A: Hatching B: Mouth opening C: Yolk absorption D: Oil globule absorption

成長と仔魚の外部形態，主として卵黄吸収との関連をみるため Fig. 3. に孵化直後の仔魚の卵黄断面積を100とした場合の吸収過程と油球の吸収経過を示した。開口は孵化後2日目に起こったが，個体により若干の時間的ずれはあった。卵黄も孵化後3日目に吸収し終えたが，検鏡の結果から考えて約2時間程度

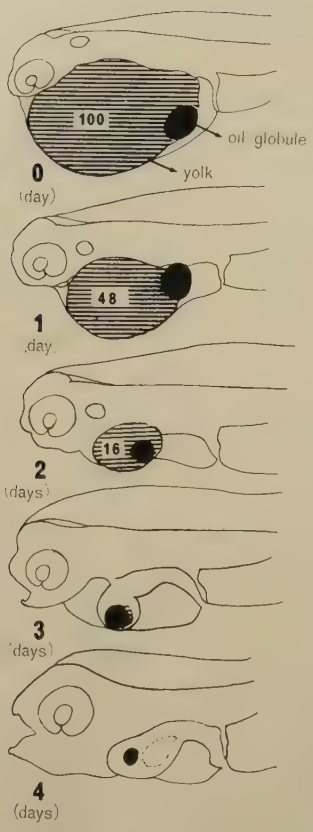


Fig. 3. Process of yolk absorption.
The area in the sagittal section of the yolk sac is taken as an index of it's volume, and the rate of absorption is expressed as a percentage against that at the stage just after hatching.

の個体差があると思われる。

2. 初期無給餌の歩留りに及ぼす影響

1971年に25日間飼育した供試魚の生残率，成長および発育などの観察結果をTable 3. に示し，1972年に36日間飼育し，孵化後15日，27日および36日目の時点で観察した結果をTable 4. に示した。

1971年の結果についてみると25日間の飼育による最終歩留りは，給餌群（F2–F4）が8.33%，初期無給餌群（S2–S4）が9.22%でわずかながら初期無給餌群が高い歩留りを示した。供試魚の収容および飼育は一応同一条件で行なったにもかかわらずTable 3. のように歩留りにかなり大きな変動がみられた。これが餌料密度，斃死による仔魚の収容密度差などの生物環境，あるいは無機的環境のいずれによるものか明らかでないが今後更に検討する必要がある。

1972年の結果についてみると，15日の時点で給餌区（F 6）の歩留りが71%であるのに対し，初期無給餌区（S 6）が31%と著しく差が認められた。27日目では給餌区（F 7）48%であるのに対し，初期無給餌区（S 7）が52%であった。同じように36日目では両区（F 8, S 8）の間には若干の差異が現われているにすぎない。

3. 初期無給餌の成長に及ぼす影響

成長については，1971年と1972年の結果をすでにTable 3. とTable 4. に示した。1971年の例では，最終時点での成長はやや給餌区がよい結果となった。体長の変異巾は，両区とも成長がよい

Table 3. Survival, growth and development of the larvae by the end of 25 day experiment in 1971.

Items	Lot No.					
	F2	F3	F4	S2	S3	S4
Original number of larvae	300	300	300	300	300	300
Percent survival	4.33	12.0	8.66	5.66	12.0	10.0
Mean body length (mm)	7.21	6.40	5.94	4.69	5.62	7.10
SD	1.27	0.85	0.84	0.81	0.91	1.36
Developmental stage (%)						
A	0	8.3	26.9	64.7	47.2	6.4
B	0	30.5	26.9	35.3	33.3	22.5
C	100	61.2	46.2	0	19.5	71.1

SD=Standard deviation
See Table 1 for the feeding schedule for each lot, and Fig. 4 for the criteria of developmental stages.

Table 4. Growth and survival of the larvae in the 1972 experiment.

Days after hatching	Lot No.	Mean body length (mm)	SD	N	Survival rate (%)	Lot No.	Mean body length (mm)	SD	N	Survival rate (%)
7	F5	3.215	0.127	100		S5	3.057	0.156	100	
15	F6	4.456	0.330	219	71.2	S6	3.790	0.350	106	31.2
27	F7	6.601	0.737	221	48.6	S7	5.848	0.734	192	52.4
36	F8	7.964	1.117	69	14.4	S8	7.735	1.011	51	10.2

N=Number of larvae measured
SD=standard deviation
Mean body length of newly hatched larvae is 2.476±0.097 mm (N=121)

程大きくなる傾向をぶしている。これを1972年の結果について測定日別にみると，15日目の時点が給餌区（F 6）が平均体長4.456±0.330 mmであるのに対し，初期無給餌区（S 6）は3.790±0.350 mmで最も成長差が大きい。以後日数が経過するにつれ初期無給餌が次第に成長差を小さくしている。すなわち飢餓による成長の遅れは一期間は大きく現われるが以後日数が経過するにつれ漸次減少する傾向を示す。

4. 初期無給餌の発育に及ぼす影響

発育については，1971年の最終測定日，25日目および1972年の27日目と36日目の仔魚について観察した。方法でのべたような要領で観察した結果，Fig. 4. に示した発育段階に区分することができた。この場合必ずしも全観察個体が表示した3段階にそのまま適合するとは限らないが，どの発育段階に最も近いかを観察することによって発育状態の相対的な比較は可能と考えた。

A期は，区分した発育段階のうちで最も初期の段階である。仔魚膜の形状は，孵化仔魚と比較し大きな変化はなく，そのほかの観察の基準とした形態もとくに変化は認められない。B期は，仔魚膜の形状が変化し，背鰭の基底，尾下骨の形成が見られる。C期は，仔魚膜は各鰭の形成へと変化し；各鰭々条が形成されると共に尾鰭後縁が截形を呈する。

1971年の25日目，1972年の27日目の観察結果(Fig. 5.)では給餌区が初期無給餌区に比べC期が多く，A期が少なく発育の面ではやや進んでいるといえる。しかしながら1972年の36日目における観察では，ほぼ初期無給餌の発育が給餌区と同程度となった。この傾向は，成長でみられた結果と同一といえる。

5. 初期無給餌期間のちがいが歩留り，成長に及ぼす影響

孵化仔魚が開口してからどの時点で給餌を開始

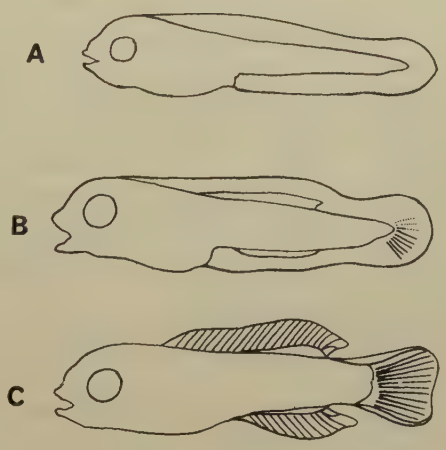


Fig. 4. Semidiagrammatic drawings of the three main developmental stages into which the reared larvae were assorted.
Stage A: Both yolk sac and oil globule just absorbed, profile of the larval membrane is uniform, without fin rays.
Stage B: Several rays are present in caudal fin, profile of the larval membrane changes in accordance with the development of hypural bone, and dorsal and anal fin. Several fin rays develop in the caudal, but none in the dorsal and anal.
Stage C: Rays and spines of fins become distinct. The hind margin of caudal fin is truncate.

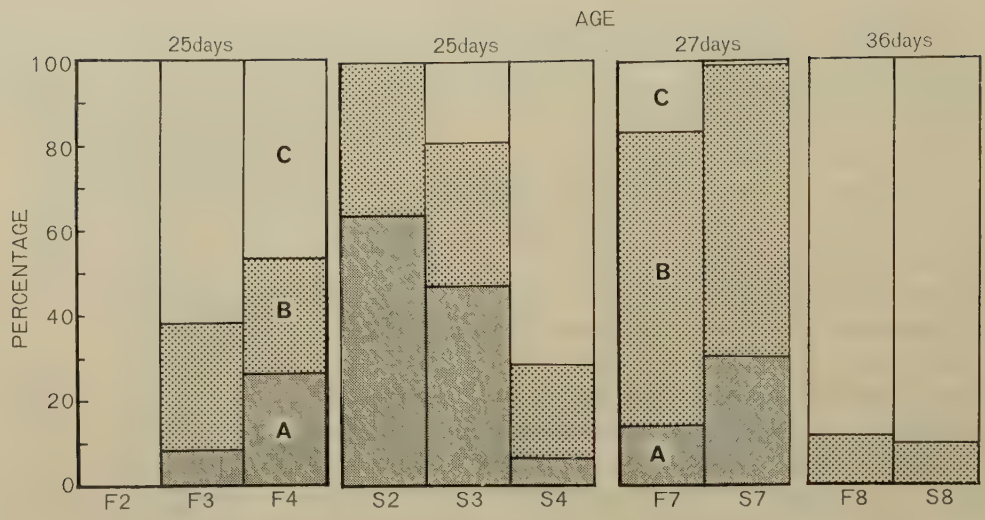


Fig. 5. Stage compositions of the larvae at the end of experiment of each lot, showing the effects of initial starvation on the morphogenesis. Refer to Table 1 for the details of the rearing conditions for each lot of larvae.

するのが餌料効率などの飼育技術面で効果的であるか飼育に際して把握しておく必要がある。 Table 5. に初期無給餌期間をかえた各群について 25 日間飼育した結果を示した。給餌区（F 9）は開口当日（孵化後 2 日目）より給餌し，以後 1 日ずつ給餌開始を遅らせたのがS 9 ～S 13である。歩留りは給餌開始日が早い程高い率を示した。孵化後 4 日目（S 10）以内は，10% 以上を示したが 5 日目（S 11）になると約半数の歩留りとなった。孵化後 6 日目（S 12）に給餌を開始した場合は 15 日目に，孵化後 7 日目（S 13）に給餌開始した場合は11日目にそれぞれ全個体が斃死した。

Table 5. Survival and growth of the larvae in 1973 experiment showing the effects of delay of feeding.

Items	F9	S9	S10	S11	S12	S13
Days of initial feeding after hatching	2	3	4	5	6	7
Percent survival at the end of experiment	14.2	13.1	11.6	4.4	0	0
Mean body length (mm)	5.69	5.56	5.49	4.83		
SD	0.61	0.50	0.49	0.71		
Growth rate per day during feeding period (mm)	0.128	0.128	0.130	0.105		

SD＝Standard deviation

成長も歩留りと同様の傾向を示した。孵化後 4 日目までに給餌を行なった場合は，とくに大きな成長差はみられない。各区における給餌期間中の日間成長率をみると，わずかではあるが，孵化後 4 日目（S 10）から給餌した場合が最も高い結果を示した。開口後すぐ給餌した場合と同様な歩留り，成長および選別効果を得るためにふ化仔魚が開口して，初期の給餌を最大限遅らせることができるのは一応孵化後 4 日目（開口後 2 日目）頃と考えられる。

考　　察

今回マダイを対象として行なった実験では飢餓の影響は，歩留り，成長および発育に15日頃まではかなり悪影響を及ぼすが，以後25～27日，36日の時点では漸次遅れをとりもどしている。これらのことから判断すれば，総じて短期間の飢餓の影響は，初期に成長，発育などの遅れとして現われても日数経過と共に回復する傾向にあるといえる。また，その影響は初期の斃死としては高率で現われるが，以後の斃死は減少し，一定期間経過すれば給餌区と同程度の生残りがあるものと考える。

以下，無給餌，初期無給餌および給餌開始の異なる場合について考えてみたい。

無給餌の場合，孵化後8日目に全個体が斃死したが，3日目に卵黄が吸収されるとそれ以後はまもなく成長が認められなくなった。このことは卵黄が仔魚にとって開口して外部から餌料を摂餌するまでの重要な栄養であることを示している。また，油球の吸収が進むにしたがい無給餌の仔魚は縮少し，油球吸収2日後には全個体が斃死した。渡辺[3](1971) はマサバ，*Scomber japonicus* で同様な実験を行ない，無投餌のものは開口して後，油球の残存している期間は生存可能であると述べている。Blaxter & Hempel[4](1963) らは無給餌飼育による仔魚の成長限界が卵黄吸収期頃であることを指摘し，Lasker[5](1970) は，Anchovy, *Engraulis mordax* の仔魚（無給餌飼育生存日数7日）の飼育試験から歩留りを最大限良くするためには，卵黄吸収後1.5日までかあるいはそれより早く給餌する必要があると述べている。May (1971) は，Grunion, *Leuresthes tenius*, Jones[6](1972) は，Turbot, *Scophalmus maximus* でそれぞれ給餌開始日が仔魚に与える影響を検討し，卵黄吸収期が歩留り，成長および餌料効果の面から大切な時期であるとしている。また千葉（1961）は，コイ，*Ciprinus calpio* の実験で高率の生残率を望むためには仔魚が卵黄を吸収するまでに投餌を開始する必要があることを指摘している。いずれも卵黄吸収期が給餌を開始する場合の重要な時期であることを示唆している。

マダイ仔魚の場合も同様に卵黄吸収期までは外部から摂餌しないでも成長が認められることは，卵黄吸収期までが歩留りを最大限にするための限界範囲であることを示唆している。

初期無給餌の場合の影響を1971年と1972年の飼育結果から考えると今回行なったような飼育条件の下で短期間飼育した場合は，低い歩留り，成長，発育として現われるが，飼育期間が長くなるに従い影響は少となり，給餌区との差異がなくなる傾向にある。また，この影響は，発育の遅れとしてよりむしろ成長面での遅れとして顕著に現われる。

発育は，初期の餌料が不足しても日数が経過すれば進むが，成長には短期間で影響が現われ，回復に時間を要するものと考えられる。

マダイは孵化後22日頃から形態的には後期仔魚から稚魚への変化が起こり（福原[7]：1969），いわゆるcriticalな時期にあたり斃死も多くなる。1972年に測定日とした孵化後27日目，36日目頃にはこのcriticalな時期もほぼ経過し，比較的安定した時期にあたるのでこの時期以後に初期無給餌区と給餌区との間で生残率に大きな差が現われるとは考えられない。このことを歩留りの点から考えると，初期無給餌区すなわち開口後2日間無給餌の後飼育した場合も，従来行なわれている方法で開口時に摂餌可能な状態で飼育した場合もかわらないことになる。言い換えれば，初期の無給餌期間（開口時から卵黄吸収期）に斃死した仔魚は，飼育の対象にしても歩留りの向上には関与しない仔魚，すなわち質的に劣った仔魚，斃死すべき仔魚と考えることができる。もちろんこれはその時の飼育技術との関連で決定されるべきことではある。

無給餌により早期に斃死する孵化仔魚は，卵径の大小，親魚の年令などと関連があるといわれる。[8][9][10] Blaxter & Hempel (1963), Bagenal[11] (1969) らは Herring, *Clupea harengus* と Brown trout, *Salmo trutta* で大きい卵から得た仔魚は，小さい卵から得た仔魚より餌なしで長く生きるという結果を得ている。Toom[12](1958) もまた同様な結果を得ている。無給餌で長く生きる仔魚が，すなわち種苗を生産するため

の飼育に適した仔魚と判断するには不十分としても，投餌回数および開始時期などの給餌技術の点から考えれば稲葉[13] (1953) のいうように飼育し易い仔魚といえる。倉田[14] (1959) は，稚仔魚の critical period の検討をする中で“実際に死亡が起こる以前からすでに決定づけられている”と稚仔魚の中に質的な差異があることを示唆している。前述した初期無給餌区と給餌区の稚仔魚に実験の最終時点ではほとんど生残り差がないこと，および Fig. 2. に示した無給餌飼育における減耗曲線で卵黄吸収あるいは油球吸収前に斃死する仔魚がいることからもこのことは明らかである。

以上のことを考え合わせれば，マダイの場合孵化仔魚は質的に差異があり，種苗として飼育するためには適当でない個体が存在する可能性が強い。また，それは開口後2日間，おおむね卵黄吸収期までの無給餌飼育によりある程度ふるい分けることができそうである。厳密には給餌開始日の異なる場合の結果と Fig. 2 に示した卵黄吸収経過と減耗曲線で表わしたように卵黄吸収後 0.5 日程度までの無給餌が仔魚をふるい分けるには最も有効であるといえる。実際に実施するには今後更に詳細な検討が必要であるが一応卵黄吸収期までを無給餌の期間としてもかなりの効果はあり無難であると考えられる。すべての孵化仔魚を種苗として飼育するための対象にするより，その時の飼育技術と考え合わせ何らかの方法で死すべき仔魚，弱い仔魚を区分できれば飼育の対象より除くべきである。このことにより培養餌料の有効利用，飼育管理などの生産過程での省力が可能である。また質的に斉一性のある種苗を生産するための第1段階であるといえる。生産された種苗がどのような種苗であるか，それを利用する面で知る必要があると同様に飼育しようとする仔魚がどのような仔魚であるか知る必要があろう。

今後は大量生産の過程で実際に適用させた場合の問題点について更に検討を加えて行きたい。

要　　約

初期の無給餌がマダイ仔魚の歩留り，成長，発育に及ぼす影響と初期給餌開始日を仔魚の歩留り，成長，発育の面から検討した。得られた結果は次のとおりである。

1. 無給餌飼育（水温 19.4～22.0°C）をした場合の仔魚の生存日数は8日間で，体長の伸長は卵黄，油球が残存する孵化後4日目まで認められたが，以後日数が経過するに伴ない縮少した。

2. 初期の無給餌（開口後2日間）は短時間の飼育では仔魚の成長，歩留りおよび発育に遅れをもたらすが，飼育期間が長くなるに伴ない漸次回復する傾向が認められた。

3. 異なる給餌開始日で飼育した結果，歩留り，成長などから最大限給餌開始日を遅らせることが可能な時期は，卵黄，油球の残存する孵化後4日目までと考えられた。

4. 以上の点から孵化仔魚が質的に異なることが考えられ，飼育に適した仔魚を選択する必要があること，またこのことが種苗生産の省力化，計画性の点から必要であることを指摘した。

文　　献

1) May, R. C., 1971: Effects of Delayed Initial Feeding on Larvae of the Grunion, *Leurestbes tenuis* (AYRES). Fish. Bull., 69 (2), 411–425.

2) 千葉健治，1961：種苗生産に関する基礎的研究 I．コイ仔魚・稚魚期の生長・生残りに及ぼす餌の影響について．淡水研報，11(1)，105–128.

3) 渡部泰輔，1970：マサバの発育初期における形態・生態ならびに資源変動に関する研究．東海水研報，(62)，1–283.

4) Blaxter, J. H. S. & G. Hempel, 1963: The Influence of Egg Size on Herring Larvae (*Clupea harengus* L.). J. Cons., 28, 211–240.

5) Lasker, R., H. M. Feder, G. H. Theilacker & R. C. May, 1970: Feeding, Growth, and Survival

of *Engraulis mordax* Larvae Reared in the Laboratory. Marine Biology, 5, 345–353.

6) Jones, A., 1972: Studies on Egg Development and Larval Rearing of Turbot, *Scophthalmus maximus* L., and Brill, *Scophthalmus rhombus* L., in the Laboratory. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 52, 965–986.

7) 福原修，1969：マダイの卵発生と初期における形態の変化についての観察．水産増殖，17(2)，71–76.

8) 藤田経信，1933：水産蕃殖学，427 pp. 東京.

9) Nikolsky, G.V., 1963: The Ecology of Fishes. vx+352pp., New York.

10) 張雨帆ほか，1966：中国淡水養殖学（上），周達生訳，VIII+222pp.，米子.

11) Bagenal, T.B., 1969: Relationship between Egg Size and Fry Survival in Brown Trout *Salmo trutta* L. J. Fish. Biol., 1, 349–353.

12) Toom, M. M., 1958: Experiments in the Incubation of Baltic Herring Eggs. Trudy Vniro, 34, 19–34,

13) 稲葉伝三郎，1953：ニジマスの卵径と稚魚の大きさ．水産増殖，1(1)，32–34.

14) 倉田博，1959：ニシン稚魚の飼育について．北水研報，20，117–138.

オイゲノールのクルマエビ稚仔に対する麻酔効果

石岡宏子・福原　修・阪口清次

Studies on the Anesthetic Effects of Eugenol to Kuruma Prawn Juveniles

Hiroko Ishioka, Osamu Fukuhara, Seiji Sakaguchi

The accomplishment of an effective anesthetizer to immobilize shrimps temporarily for various research procedures such as weighing, tagging, measuring, photographing, etc. has been expected.

As it is said that Eugenol has the anesthetic effect to shrimps, this substance was examined for Kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, and following results were obtained.

1) Juveniles of the prawn were anesthtized in a short time in sea water containing over 200 ppm of Eugenol, when the substance was prepared as the mixture of following formula*;

Eugenol	10.7 g
Lauryl sodium sulfate	5.0 g
Sodium pyrosulfite	0.1 g
Methanol	42.8 ml
Distilled water	55.5 ml

2) The useful range of the concentration was 50 to 200 ppm as Eugenol in the case of the prawn.

3) The higher concentration and higher water temperature remarkably shortened the time required for anesthesia.

4) The recovery from anesthesia showed a tendency to require longer time after longer exposure condition, but the most prawns recovered within 1 hour except low water temperature cases.

5) Starvation, molting and low chlorinity of the environmental medium effected to the reduction of the time required for anesthesia. It seems that the physiological conditions which increase the water contents of prawn bodies induce the shortening of the time required for anesthesia.

6) To examine the effects of the anesthesic treatment to the growth and survival of the juveniles, the experiments were carried out extending over 20 days. It was appeared that the anesthetic treatment had no serious effect on the growth and survival of the juveniles in comparison with control. From these results, it is concluded that Eugenol can be applicable to Kuruma prawn juveniles effectively and safely as an anesthetizer with the formula stated above.

は　じ　め　に

水棲生物に対する麻酔剤は，魚類の輸送，標識，計測作業および外科的手術のさいに使用されているが，無脊椎動物とくに甲殻類では必要性は認められながらも適当な麻酔剤が見当らないためほとんど利用されていない。最近，オイゲノール（*4-allyl-2-methoxyphenol*）を主成分とした魚類の新しい麻酔剤が開発

1974年3月25日受理　南西海区水産研究所業績41号

* Purchasable as FA 100

され，甲殻類にも適用可能と考えられたので[1),2)]，本剤をクルマエビに使用する場合の諸条件と稚エビの麻酔特性について若干検討を行なった。

材　料　と　方　法

実験薬剤としては市販のオイゲノール10 v/v% 製剤*を使用した。これを開封後冷蔵庫に保存し，使用に当ってはこの薬剤が海水にはやや溶けにくいため，少量の蒸溜水に溶解し，これを沪過海水で稀釈して設定濃度の麻酔液を調製した。

供試材料は瀬戸内海栽培漁業協会玉野事業所，山口県水産種苗センター，および藤永クルマエビ研究所で，それぞれ生産されたミシス期からいわゆるポストラーバ初期のクルマエビである。これらを15° C 前後に冷却した海水約10l に2,000～5,000尾収容し酸素を吹きこみ，南西海区水産研究所まで陸上輸送した。搬入したクルマエビには，ブラインシュリンプ，チグオパス，アサリ肉細片，クルマエビ用配合餌料などを与えた。ポストラーバ初期までは止水で，以後は止水または流水でそれぞれ飼育した。実験に供したクルマエビの体長は原則として1.5 cm から2.5 cm であり，一度実験に供した材料の再度の使用はさけた。

結　　果

1．クルマエビの麻酔徴候

稚エビを麻酔液に浸漬してからの行動は，ほぼ次のような経過をとる。

a)　麻酔液に収容した直後は，行動に多少の促進がみられ，間もなく静止または，通常の歩匐行動をする。

b)　容器壁に沿って水面で空中に突き上げるような垂直に動く行動をくり返す。この行動の最後には，平衡を失って容器底に横臥する。

c)　平衡を失ない，容器底で動く。第2触角，歩脚，游泳脚を動かし，しばしば容器底で横臥したまま旋回する。ピンセットで尾柄部をはさむなどの刺激に対しては弱く反応する。

d)　平衡を失なったまま働かず，鰓，心臓の動きのみ認められる。

e)　外部からの観察では鰓，心臓の動きが停止する。

f)　体色が不透明になり，長時間放置すれば赤色に変色する。

ここで麻酔された状態とはd)の徴候をいう。一般的には上記の徴候を順次経て麻酔されるが，個体によっては，a), b), c)，の行動のくり返しを経て麻酔されたり，b) や b), c)，の徴候を経ないで麻酔される場合も認められる。

麻酔からの回復は d)，→ c)，→ a) のように b) の徴候以外の経過を逆にたどるのが一般的であるが，c) の徴候を経ない場合もしばしば認められ麻酔される経過にくらべて規則的ではないことが多い。

この場合，d)までの徴候を示す稚エビは通常の海水にもどすと回復するが，e)の状態に至った個体は回復することなく斃死することが多い。

本実験では，麻酔所要時間とは稚エビを麻酔液に浸漬してから，d)の徴候に至るまでとし，回復時間とは，麻酔剤を含まない沪過海水へ稚エビをもどしてから，a)の状態に復するまでの時間とした。また，麻酔液

---

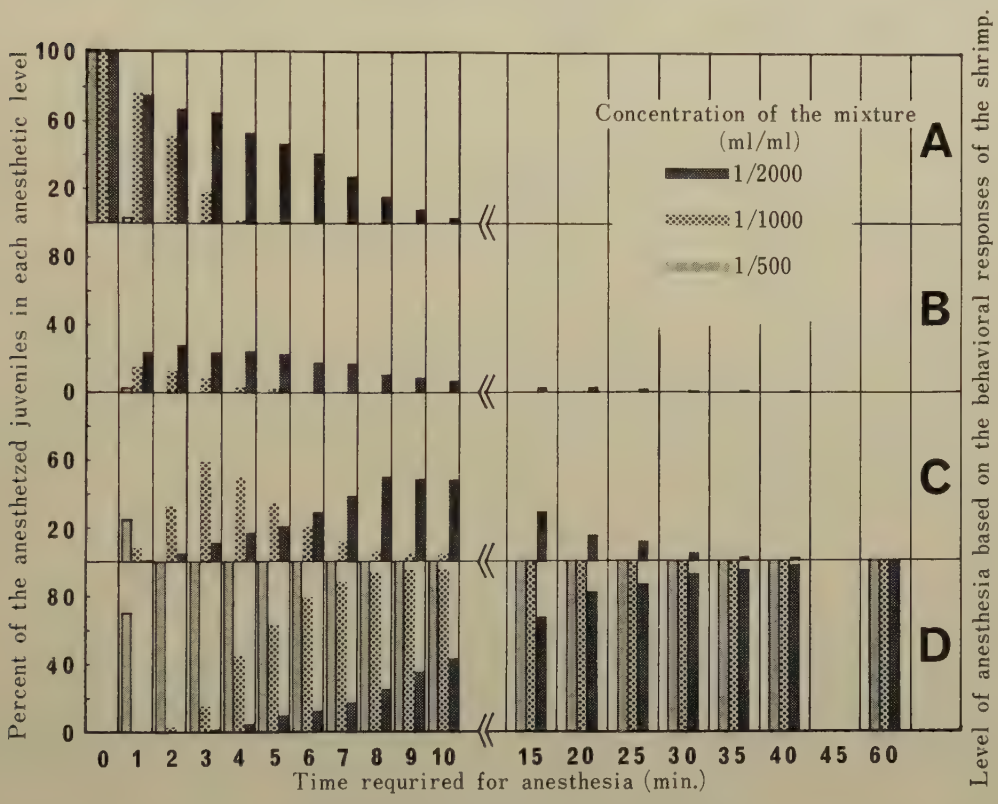
* オイゲノール　10.7 g
ラウリル硫酸ナトリウム　5.0 g
ピロ亜硫酸ナトリウム　0.1 g
メタノール　42.8 *ml*
精製水　55.5 *ml*
を含む薬剤である。

浸漬時間とは，実験群の個体が麻酔されてから後，その麻酔液中に浸漬放置した時間をいうこととした。

2．　麻酔所要時間と回復時間

(1)　麻酔剤濃度の影響

温度条件を一定 (24.2°C～25.2°C) に設定し，麻酔濃度を1/500，1/1,000，1/1,500，1/2,000，の4段階に変えて，麻酔時間と回復時間および回復率についての実験を行なった。供試したクルマエビは，流水飼育水槽から実験開始の15時間以上前に，恒温室内に設置した沪過海水を入れた100 *l* 容水槽（止水式）に移し，設定温度に順化させた。この実験結果を Fig. 1 および Table 1 に示した。Fig. 1 で明らかなように，麻酔液濃度が高いほど麻酔所要時間は短かくなる。また，麻酔徴候段階に関しては，麻酔剤の濃度が高いほど麻酔段階の多行が順次的経過を経ない場合が多く，また，たとえ，麻酔段階を経過する場合にも，きわめて短かい時間のうちに各徴候を経て麻酔にかかる。各麻酔徴候段階における時間が短かい。



Arrengement of the anesthesia in behavioral sequence.

Level	Behavior
A	Reactive to external stimuli and equilibrium normal.
B	Repeating vertical movements near the water surface.
C	Falling to the bottom with lateral side down and turning round.
D	Total loss of reactivity and lying upside down.

Fig. 1. The behavioral changes of the juveniles in the sea water containing the anesthetic at three levels of concentration.

Table 1. The characteristics of recovery from anesthesia.

Concentration on the mixture (ml/ml)	Number of shirmps	Exposure time (min.)	Mean body length (cm)	Rate of recovery (%)	Range of recovery time (min.)
	20	0	1.93	100	3′20″–16′20″
1/500	20	5	1.83	80	6′38″–48′45″
	20	10	1.88	40	19′20″–over 1–29′
	20	15	1.64	0	
	20	0	2.14	100	10′25″–32′15″
	30	5	2.09	90	6′58″–36′23″
	20	10	2.09	90	21′15″–53′
1/1000	20	15	2.45	85	19′–48″
	20	20	2.37	80	29′45″–50′
	20	30	2.41	10	46′30″–50′30″
	20	45	2.31	0	
	30	0	2.52	97.5	8′45″–46′
	30	15	2.45	85	13′45″–103′55″
1/1500	50	30	2.51	56	26′50″–119′55″
	50	45	2.49	20.2	55′25″–138′7″
	20	60	2.37	0	
	20	80	2.34	0	
	20	0	2.42	100	2′–23′15″
	20	5	2.53	100	11′25″–27′
	20	15	2.72	100	14′–24′
1/2000	20	30	2.51	100	15′–31′
	20	60	2.47	95	13′–29′30″
	20	120	2.13	40	20′30″–48′
	20	180	2.40	20	31′37″–

1/4,000濃度の麻酔液では，8時間を経過しても麻酔されず各麻酔徴候段階に分散し，一度麻酔された状態になった個体もしばらくすると，また動き始める。各麻酔徴候段階で，長時間停滞することはない。

実用的な各麻酔濃度で，麻酔された個体は，そのまま長時間放置すれば，e), f) の段階へ移行する。

麻酔回復時間は，Table 1 に示した。回復時間は麻酔液への浸漬時間が長いほど長く，また個体間の回復時間のばらつきは大きくなる。また，回復時間に対する麻酔濃度の影響は，浸漬時間が一定の場合あまり大きくない。また，稚エビの麻酔からの回復は1時間以内にみられる。

麻酔回復率は Fig. 2 で明らかなように，濃度の増加と共に低下するが，浸漬時間と回復率の関係は必らずしも直線的な関係ではなく薬物毒性の現われかたと類似している。

麻酔からの回復については，麻酔液 1/1,000 濃度で，麻酔深度 d) に移行するまでの時間と，d) から a) までの回復時間を各個体ごとに調べた。すなわち，500 *ml* のビーカーに1尾づつ稚エビを収容し，麻酔深度 d) に達した後1分間ほどそのまま麻酔液中に浸漬し，その後すぐに海水で洗い，新しい沪過海水へ移し，a) の状態に回復するまでの時間を測定した。平均体長 1.7 cm の 35 個体について得た結果から，回復時間 (Y) と麻酔時間 (X) との関係を直線式にあてはめると

$$Y=0.098X+18.50 \qquad r=0.024$$

となり，相関があるとはいい難い。この式にも明らかなように麻酔所要時間にくらべて麻酔回復時間は長く，回復する個体は，約 20 分くらいまでの間に，ほとんど回復する。したがって麻酔所要時間と回復時間の相互関係については，この実験では認めることができなかった。

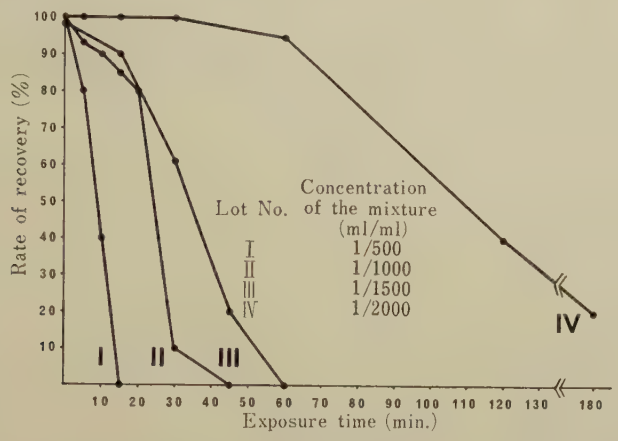


Fig. 2. The relationship between the exposure time at D-level of anesthesia and the rate of recovery at the water temperature of 24.2–25.2°C.

(2) 麻酔温度の影響

20°C の恒温室に 30 *l* のパンライト水槽を設置し，さらに投込みヒーターにより，温度設定した沪過海水中に，稚エビ各 50 尾を収容し，エアストーンにより通気しながら各設定温度に馴化させた。24 時間無投餌で飼育した後，1/1,000 濃度で麻酔した各群から 1 回 20 尾をとり上ず，累積麻酔所要時間を測定した。結果を Fig. 3 に示した。全体的に麻酔所要時間が短いが，温度が麻酔時間に大きな影響を与えてい

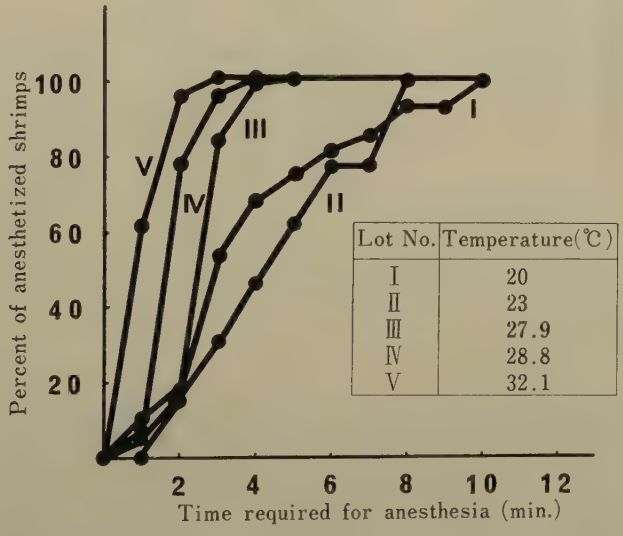


Fig. 3. The effect of temperature on the time required for anesthesia. The concentration of the mixture is 1/1000 (*ml*/*ml*)

ることは明らかに認められる。また，麻酔剤濃度が低いほど，麻酔所要時間の個体差は大きく，温度が高いほど個体差が小さく平均麻酔所要時間は短かくなる。

麻酔回復時間に対する温度の影響についても実験を行なった。Fig. 4 は，1/1,000 濃度の薬剤で 53 回（1 回に原則として 10 尾の稚エビを使用した。）の回復実験を行なった結果，それぞれの回復時間の範囲を示したものである。これによると，回復時間に与える温度の影響は，麻酔所要時間の場合に認められるほど大きくはない。ただ低温の場合（22°C 以下）に，回復時間の非常に遅い個体が認められるという特徴がある。

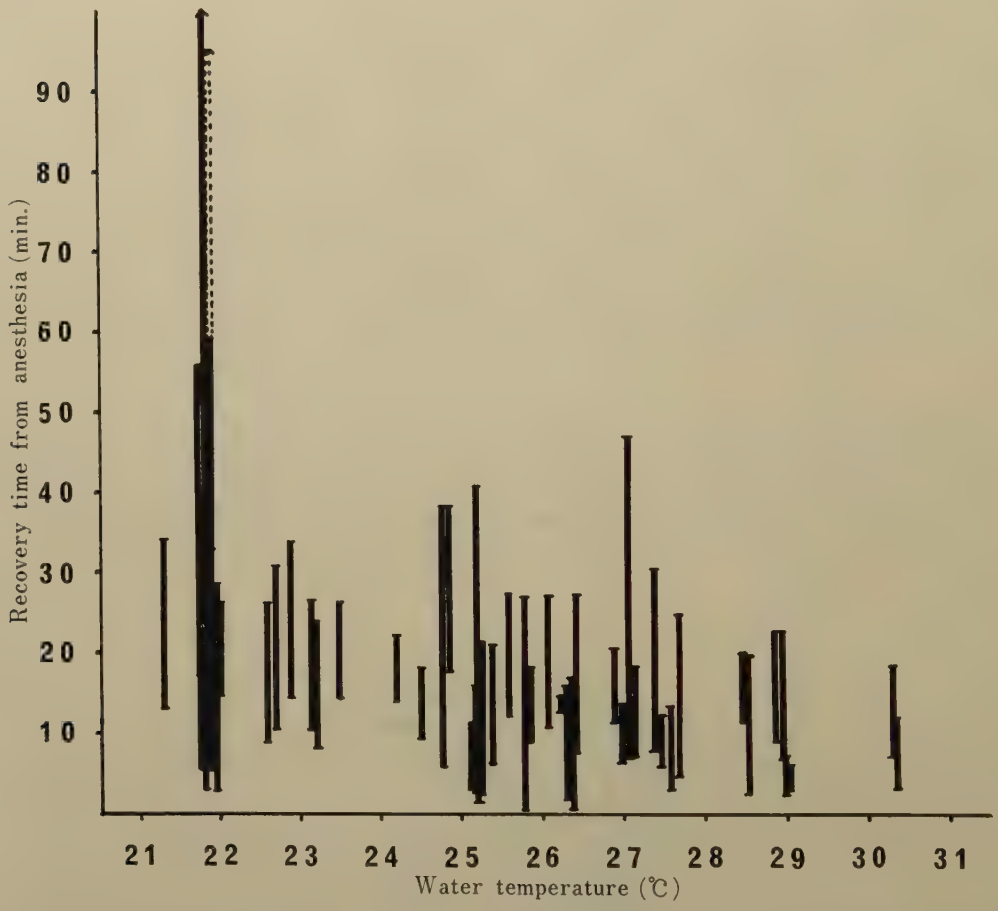


Fig. 4. The effect of temperature on recovery time from anesthesia. The concentration of the mixture is 1/1000 (*ml*/*ml*)

3. 麻酔所要時間に影響する要因

実験を継続しているうちに，温度や濃度などの条件が同じ場合にも，麻酔所要時間が実験毎に変化することが明らかとなったので，麻酔所要時間に与えるその他の要因を解明する 2，3 の実験を行なった。

(1) クルマエビの成長・脱皮と麻酔所要時間

恒温室（20.0°C～23.0°C）に 1 *l* のガラス水槽を設置し，この中に約 2 cm 程度に砂を敷き，エアレーションを行ない，稚エビを 1 尾づつ収容し，成長したブラインシュリンプを餌として十分量与え，24時

間後にとり出して1尾づつ1/1,000濃度の麻酔液で麻酔所要時間を123個体について測定した。得た結果を体長0.2cmの間隔でとりまとめて集計し，Table 2に示した。さらに，これらを脱皮個体と脱皮しない個体にわけて集計したものがTable 3である。

Table 2. Time required for anesthesia with different body length.

Range of Body length (cm)	Number of shrimps	Time required for anesthesia (min.)	SD	CV (%)
0.8–1.0	1	5.50		
1.0–1.2	8	5.53	1.5	27.6
1.2–1.4	23	5.65	1.5	26.6
1.4–1.6	4	7.56	3.6	48.2
1.6–1.8	9	5.16	3.3	64.6
1.8–2.0	12	4.34	2.6	59.4
2.0–2.2	12	6.24	3.4	53.9
2.2–2.4	19	5.32	2.8	52.4
2.4–2.6	16	9.76	4.6	46.8
2.6–2.8	7	7.92	3.4	43.2
2.8–3.0	6	9.85	4.9	49.8
3.0–3.2	4	6.30	3.1	48.9
3.2–3.4	2	15.21	7.8	51.4

Table 3. The effect of molting on the time required for anesthesia.

	Molting	Intermolt
Number of shrimps	15	108
Time for anesthesia (min.)	2.78	7.12
SD	0.99	3.61
CV	35.4	50.6

この結果から平均麻酔所要時間は成長に伴なって増大する傾向が認められる。また，脱皮個体と脱皮しない個体では顕著な差が認められる。成長に伴なう増大傾向が必らずしも明確でないのは，Table 3に示した結果からみて，稚エビの脱皮後，次の脱皮にいたるまでの間の生理的段階を細分化していないためと考えられる。

(2) 塩分と麻酔所要時間

飼育水の塩分が麻酔所要時間に与える影響については，2種類の実験を行なった。

水温23.2°Cで蒸溜水にクルマエビを浸漬して，1時間放置し，その後1/1,000濃度の麻酔剤で麻酔所要時間を測定した。この結果はFig. 5に示した。

室内に置いた30 l パンライト水槽でエアレーションを行ない飼育していたコントロールとの比較では，麻酔所要時間を早めるという結果になった。この実験は数回くり返したが，常に同じ傾向が認められた。

一方，通常の沪過海水を蒸溜水で稀釈し，海水を10%，20%，40%，60%，80%，100%の濃度とした

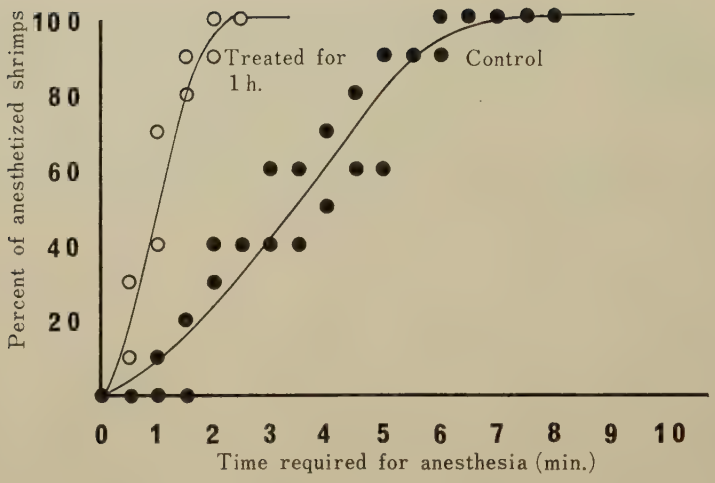
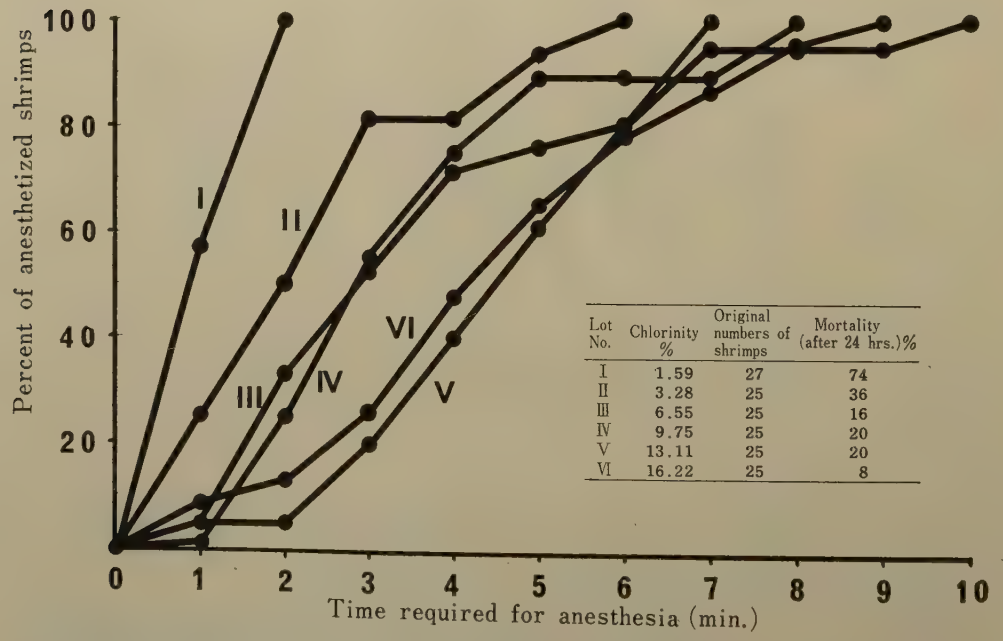


Fig. 5. The effect of immersion in fresh water for one hour on the time required for anesthesia. The concentration of the mixture is 1/1000 (*ml/ml*) and water temperature is 23.0°C and mean body length of the shrimp is 2.5 cm.

飼育水を作製した。平均体長2.3 cm の稚エビを用い，24 時間無投餌で飼育した後，生き残った個体群について1/1,000濃度で麻酔所要時間を測定した。飼育水の塩素量は硝酸銀による常法により測定した。実験結果を Fig. 6 に示す。この結果，塩素量3.28‰以下の場合には，24 時間後の生き残り個体についても



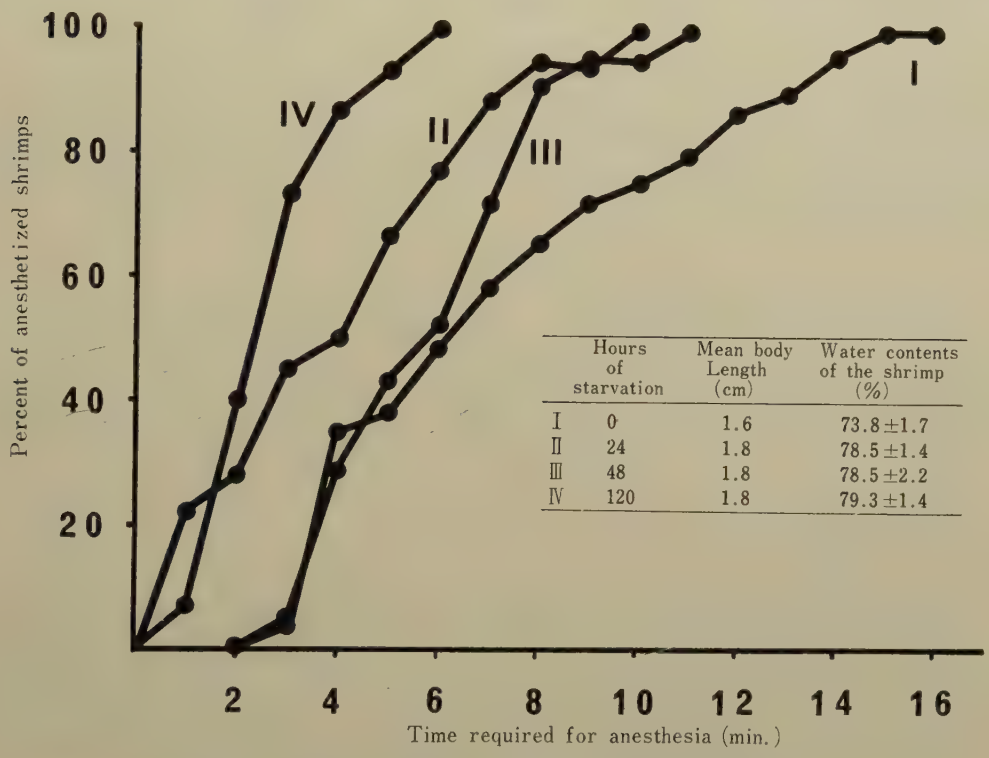
Lot No.	Chlorinity ‰	Original numbers of shrimps	Mortality (after 24 hrs.)%
I	1.59	27	74
II	3.28	25	36
III	6.55	25	16
IV	9.75	25	20
V	13.11	25	20
VI	16.22	25	8

Fig. 6. The effect of low chlorinity of the medium on the time required for anesthesia. Water temperature is 23.0°C and concentration of the mixture is 1/1000 (*ml/ml*).

麻酔所要時間に明らかな差を生じているが，これよりも高い濃度の場合には，それほど顕著な差は認められない。このような稀釈海水へ浸漬した条件下で生き残った個体は，時間経過に伴なってその環境下に順応した生理状態を持つにいたったものと考えられる。

(3) 飢餓・強制運動と麻酔所要時間

30 *l* のパンライト水槽に 10 *l* の沪過海水を入れ，この中に体長約 2 cm のクルマエビ 130 尾を収容し，強力なエアレーションを行ない，稚エビが静止することがないようにし，24, 48, 120 時間の経過後に 20～30 尾あてとり上げ麻酔実験を行なった。この間，餌料は全く与えなかった。さらに材料採取時に別に 15～20 尾をとり上ず，恒量にした秤量瓶に入れ，化学天秤で重量測定を行なった。その後ただちに凍結し，真空凍結乾燥器で恒量になるまで乾燥の後，乾重量を測定して水分を算出した。結果を Fig. 7 に示した。これから明らかなように水分増加で示される飢餓の進行は麻酔のかかり易さを促進させている。また別に行なった同様の実験結果からも飢餓の影響は短時間では表われにくく，麻酔所要時間を短縮させる条件はかなり強度の飢餓の場合に認められる。



	Hours of starvation	Mean body Length (cm)	Water contents of the shrimp (%)
I	0	1.6	73.8±1.7
II	24	1.8	78.5±1.4
III	48	1.8	78.5±2.2
IV	120	1.8	79.3±1.4

Fig. 7. The effect of starvation on the time required for anesthesia.

4. 麻酔液浸漬とその後の成長・歩留り

すでに述べた麻酔所要時間と回復率の関係からみて，この麻酔剤を実際に使用する場合に，1/1,000 濃度のものを用いると比較的短時間で麻酔され，しかも斃死が少なく効果的である。この 1/1,000 濃度に 5 分間浸漬し完全に麻酔された個体群と，麻酔されなかった個体群を分け，これらを用いて長期の飼育試験を行なった。

すでに述べたように，麻酔されやすい個体は，生理的に何らかの特徴を有しており，現象的に認められる範囲では，いわゆる“弱い”状態の個体が多い。これらの個体群で麻酔剤の影響が後まで残るか否かを

知るために，5分間という時間を設定したものである。体長0.72～1.17 cm の稚エビを麻酔し，まず5分以内に麻酔された個体をとり出し，ただちに新しい海水にもどし回復させた。このうちから120尾を2 m^2 の底に砂を敷いた陸上コンクリート飼育水槽に放養した。飼育期間は昭和47年8月24日から9月13日までの20日間とし1日当り体重の200% 量の生アサリ肉を投与した。また5分経過しても完全に麻酔されない個体群は，7分経過後とり出し，1区を設け，また麻酔処理をしない稚エビ群を対照区として比較した。

なお，麻酔剤処理群については，一部をガラス水槽へ収容し24時間後の生存の有無を観察したが，斃死する個体は全くみられなかった。飼育実験結果をTable 4 に示した。この結果，生残率，成長にやや差が

Table 4. The effects of the anesthetic treatment on growth and survival of the juveniles.

	Time required for anesthesia (min.)	Initial body length (cm)	Final body length (cm)	Survival rate (%)
Anesthetized	≦5	0.89±0.11	2.15±0.49	54.2
	>5	〃	1.81±0.29	65.0
Control		0.89±0.11	2.19±0.33	64.2

生じているが，別に行なった飼育実験結果[3]から推察して，麻酔剤の影響とは判断できない。すなわち飼育条件の影響の方が大きく，麻酔剤への浸漬はその後の成長，歩留りには大きく影響することはないと判断した。

考　　察

甲殻類に対する麻酔剤はAHMAD[4]が *Gammarus pulex* について，MS-222の麻酔効果を検討した例はあるが，特有の屈曲運動や作業時の甲殻による傷害等のため，必要性は認められながらも一般的に通用する適当な麻酔剤がなかったのが現状である。オイゲノールの麻酔効果に関しては最近，遠藤[5]らが数種の淡水魚について明らかにした。この薬剤の甲殻類に対する効果に関しては，和田[1]がコウライエビについて，山川，石岡[2]がクルマエビ，スジエビモドキ，ヤドカリ，エビジャコ，フタバカクガニ，イソガニについて麻酔実験を行なっている。

これらの甲殻類に関する報告は，麻酔特性に関する検討よりはむしろ麻酔剤の実用性に関する諸実験を行なった結果が多い。

甲殻類の麻酔徴候や麻酔深度に関する基準は整理されたものがないのが現状である。魚類では，刺激に対する反応の程度，鰓蓋運動の程度，平衡の失調の程度，呼吸率，心拍等によって約7段階くらいの麻酔深度が設けられている[6]。甲殻類の場合，基準とする行動パターンを設定するために，刺激に対する反応の有無，平衡失調の程度，特殊な遊泳行動等の外部から観察容易なものによって，一応の基準を定めた。この行動型式は，クルマエビを淡水浴させて“弱らせた”場合の行動と類似しており，特に麻酔剤のためといわれる行動は認められない。

このような基準を設定して，各種の麻酔実験を行なった結果から，この麻酔剤の特性がいくつか明らかになった。それを整理すると，以下のようになる。

(1)　麻酔深度区分で，Fig. 1 に示されているように，b), c) 区等，麻酔徴候段階の初期にその状態を長時間維持することはできない。c) の経過時間は比較的長いが，この区のエビは事実上各種の実験には使用できない。麻酔液につけた稚エビは実用濃度範囲では必らず，d) へ移行し，そのまま放置するとさらに e), f) へ移行し斃死する。

(2)　クルマエビで使用する場合，魚類で使用される場合に比べて麻酔剤濃度が高い点に特徴がある。

遠藤[5]らによれば，淡水魚の場合にはオイゲノールとして25～50 ppmあれば十分に麻酔効果があるとしている。しかし，和田[5]によれば，コウライエビの場合にはオイゲノールとして50から100 ppmの濃度で麻酔所要時間10～15分で回復率100%という値を示しており，これは，同じ *Penaeidae* のクルマエビとほぼ似たような結果ということになろう。山川，石岡[2]によるとスジエビモドキ，ヤドカリ，エビジャコについても類似の濃度で効果があるようであるが，イソガニ，フタバカクガニには効果がみられないようである。これらのことから本薬剤は甲殻類全般に同じように効果があるとは言い難い。

したがって，この麻酔剤の適用にあたっては，使用濃度，使用方法について十分の注意をする必要があるが，エビ類の計測作業の際の屈曲固定をさけるために，あるいは，各種手術を行なう際に用いることは有効であろう。

この麻酔実験を行なっている間，対照としてクルマエビの麻酔所要時間が飼育条件によって異なり，絶対的基準設定が困難であるという問題が生じたため，麻酔所要時間はクルマエビの何らかの生理的条件の反映ではないかと考えられた。そこで，麻酔所要時間に与える影響について数種類の実験を行なった。結果は前述したが，それ以外に実験条件として酸素欠乏状態で短時間飼育した場合は，対照と比較して，麻酔所要時間に差を生じなかった。

麻酔所要時間を早める条件から逆にクルマエビの生理状態について推考すると，体水分が増加するような生理状態が共通した点として認められる。飢餓時の水分変化については石岡[7]の報告でも増加が明らかであり，脱皮後や淡水浸漬の場合にも考え得る。そこで，普通に飼育していた稚エビをとり上げて1/1,000濃度の麻酔液で麻酔し，3分以内で麻酔される個体と，麻酔3分以上要する個体とを選別し，前報[7]の要領で水分を測定した (Table 5)。この結果をステューデンド-検定により，水分の平均値の有意差の検定

Table 5. Water contents of the juvenile shrimps.

Date	The prawn anesthetized within 3 min. in the medium containing 1000 ppm of the mixture					The prawn anesthetized over 3 min. in the medium containing 1000 ppm of the mixture				
	Number of shrimps	Water Contents (%)	SD	CV (%)	Mean body length (cm)	Number of shrimps	Water contents (%)	SD	CV (%)	Mean body length (cm)
'72 8/23	8	80.6	2.9	3.6	2.46	17	77.5	2.6	3.3	2.68
10/6	4	76.7	2.6	3.4	1.26	8	72.8	0.9	1.3	1.16
10/6	1	77.3			4.33	16	73.8	1.4	2.0	3.62
10/23	4	78.4	2.1	2.7	—	5	79.5	1.5	1.9	—
10/23	5	80.1	1.1	1.3	—	4	77.5	0.7	0.9	—
10/25	2	81.2	0.6	0.7	—	2	77.8	1.2	1.5	—
'73 8/22	8	79.3	1.5	1.9	2.76	11	77.7	1.7	2.2	2.41
8/27	6	77.5	2.8	3.6	3.14	14	76.8	2.0	2.6	3.16

を行ない，帰無仮説は棄却された。すなわち，水分が多い個体は麻酔にかかり易いといえそうである。しかし，それぞれの実験について水分の多い順に並べられるかどうかをみると，(Table 5) の '72，10月6日，10月23日，10月25日に行った4回については，明確な結果を得たが，これ以外の場合には明確な結果が得られたわけではない。また，水分の絶対値が基準とはならないことも考えあわせて，水分増加で示される稚エビの生理状体以外の生理的要因が麻酔所要時間を短縮させるという可能性も考えられる。

麻酔剤の作用や，麻酔の理論については種々の仮説が出されているにすぎない。魚類，甲殻類の場合にはとくに，実用面の研究しか行なわれていない。これらの作用機構や生理学的諸問題に関しては，今後の研究を待ちたい。

最後に，この研究を進める機会を与えられ校閲の労をとられた淡水区水産研究所，藤谷超博士，南西海

区水産研究所，倉田博博士，この実験の一部を担当していただいた大和田良男氏に深謝する。

要　　約

オイゲノールを主成分とした麻酔剤を用いて，これのクルマエビ稚仔に対する麻酔特性に関して若干の検討を行ない，次のような結果を得た。

(1) 稚エビの麻酔徴候を麻酔液浸漬後の行動経過から5段階に分けた。

a) 正常の歩脚又は遊泳行動

b) 容器壁に沿って垂直に動く

c) 平衡を失ない横臥し，そのまま旋回する行動を示す。

d) 鰓，心臓の動きのみが認められ，平衡を失なって全く動かない。

e) 鰓，心臓の動きが停止する。

麻酔状態とはd) の状態を意味する。

(2) この実験に用いた組成のオイゲノールを主体とした麻酔剤を稚エビに適用する場合の濃度は，1/500から1/2,000の範囲にあり，濃度が大きいほど，麻酔所要時間は短かく，その個体差も小さい。この実用範囲では，麻酔徴候段階 b), c), d) で長時間保つことは難かしく放置すれば必らず e) に移行したうえで斃死する。

(3) 麻酔液への浸漬時間が長いほど回復時間はおくれ，また，個体間の回復時間のばらつきは大きくなる。実用濃度ではほとんどの個体は1時間以内に回復する。

(4) 麻酔温度は，麻酔所要時間に大きく影響し，高い温度では麻酔時間が短縮され，個体差も小さくなる。

(5) 麻酔所要時間は条件によって異なるが，脱皮，低成長段階，低塩分，飢餓などの要因は麻酔所要時間を短縮させることが明らかとなった。これらの要因に対応した稚エビの生理的状態は，含水量が高い場合であると推測した。

(6) 麻酔液に稚エビを浸漬して後20日間の成長試験を行なったが，対照と比較して成長，生残率に大きな差を生ずることはなかった。

これらの結果から，本麻酔剤は，濃度，浸漬時間，温度などの条件を十分考慮して使用すれば，クルマエビに関しては計測，手術等の場合に有効な手段として利用できる。

文　　献

1) 和田　功，1971：4 *Allyl-2-methoxyphenol* の麻酔効果．FA-100 文献集，田辺製薬株式会社，7-9.

2) 山川文男，石岡清英，1971：水産用麻酔剤「FA-100」の甲殻類に対する効果について．同上文献集，17-19.

3) 藤谷　超，阪口清次，石岡宏子，福原　修，1973：人工種苗の生理生態．浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，3，2-8.

4) Ahmad, M. F., 1969: Anestetic effects of MS-222 on *Gammarus pulex* (L.). Crustaceana, 16, 197-201.

5) 遠藤俊夫，狄島健次，田中　久，大島　慧，1972：数種の酔水魚に対するオイゲノールの麻酔作用に関する研究．日水誌，38(7)，761-767.

6) McFarland. W. N., 1960: The use of anesthetics for the handling and the transport of fishes. *Cali. Fish & Game*, 46(4), 407-431.

7) 石岡宏子，1973：クルマエビ人工種苗の生理生態に関する研究．本誌，6，59-84.

海産ミドリムシ赤潮による魚類の斃死機構解明に関する研究

松里寿彦・小林　博*

Studies on Death of Fish Caused by Red Tide

Toshihiko Matsusato・Hiroshi Kobayashi*

In order to clarify the mechanism of the death of marine fish caused by natural red tide, the influences of the red tide on the red sea bream, *Chrysophrys major*, and the cultured yellow tail, *Seriola quinqueradiata*, were experimentally investigated in the use of the cultured marine plankton, *Hemieutreptia antiqua* Hada (Order Euglenoida), as natural red tide sea water. The plankton was cultured in large quantities by using the medium of SWM-III, under about 6,000 lux illumination and in the constant temperature room of 20°C.

In spite of an environmental characteristic that the sea water of this plankton was nearly saturated with oxygen, most of the bream started to die at the density above 2,700 cells/ml when the bream was thrown in the red tide of pH 8.3. In this case the death of the bream seems to be related with the number of the plankton and pH of the red tide, while there was no influence on the bream in the filtrate from the red tide and the surface part of the decayed and decomposed red tide.

Breathing rate, heart pulsation rate and the others were also investigated in both the species affected by the red tide. In particular, the pathological inspection of the branchia was carried out in the yellow tail, and the transparent viscous substance was found between each gill-fillament. This substance is distinguished from a lot of mucous fluid secreated after the death and perhaps prevents the ventilation of water flow. The viscosities of the red tide and its various treatment solution were measured by means of Ostward's viscosity meter and showed no remarkable difference from that of normal sea water.

When the red tide was filtered through the silk net with the opening of 95 micron, the filtration rate decreased with the lapse of the time and the rate was related with pH of the red tide. And the opening was observed to be plugged by the red tide blooms or the transparent viscous substance.

On the other hand, the filtrate from the red tide and its various treatment solution were injected into the abdominal cavity of the bream as well as into the blood vessel through the cannula of dorsal artery in the yellow tail. Any injected material did not kill the fishes at least within 48 hours.

The blood gas contents of both artery and venous blood were investigated in the yellow tail suffering from the anoxia to be compared with those from the red tide. Artery blood sampling was taken from the cannula of the dorsal artery and venous one directly from the heart. Under the usual anoxic anoxia, it was considered that a process of asphyxiation occurs in the dissolved oxygen concentration below about 1.7 ml/L. And the surfacing phenomena were not seen at the concentration above 2.0 ml/L.

When the yellow tail began to swim madly about in the red tide, the dissolved oxygen in the environment was still above 5 ml/L, and the artery blood oxygen content of the fish was 5 to 6

1974年 3月 27日受理　南西海区水産研究所業績42号

* 農林省水産大学校, Shimonoseki Univ. of Fish., Yoshimi, Shimonoseki

Vol.% though it decreased with the lapse of the time. In this case, however, the oxygen level of the blood gas content just before the death was similar to that of the usual asphyxiation.

In the aquatic respiration of the yellow tail, the oxygen utilization and the ventilation volume were measured. Under the influence of the red tide, the utilization decreased remarkably in comparison with the same ventilation volume in normal sea water, although the ventilation volume decreased before the death, too. Moreover, the respiratory characteristics of the blood were also investigated in the yellow tail affected by the red tide as shown in Fig. 16, in which the blood has a tendency to be condensed.

From these results mentioned above, the cause of the death of the fish attributed to the red tide of *Hemieutreptia antiqua* HADA seems to be based on asphyxiation which is brought about by the interception of the ventilation water in the branchial owing to the red tide blooms.

緒　　言

「赤潮」に関する記録は非常に古く，ギリシア時代以前にさかのぼることができるとされており，また赤潮現象に伴って起こる魚貝類の大量斃死の例についても古くから多数の報告がなされている[1]。

近年，日本沿岸内湾域，とりわけ瀬戸内海において大規模な赤潮が多発し，養殖業をはじめとする沿岸漁業に甚大な被害をおよぼすに至り，大きな社会問題にまで発展し，赤潮による被害防除抑制のための技術開発，およびその基礎的研究の必要性が広く認められるに至った[2]。しかし，赤潮にともなって，なぜ魚貝類の斃死が起こるのか，どのような機構で起こるのかといった，いわゆる斃死機構の解明に関する研究は少なく，斃死因についてはほとんど不明のまま中毒説，窒息説，ストレス説などがとなえられてきた。このように斃死因解明に関する研究が遅れたのは，一つにはいわゆる「赤潮」そのものの定義が人によって異なること，一つには多くの場合に「赤潮」が突発的・偶発的であること，また赤潮に伴う魚貝類の斃死が事後に確認されることなどによるものと思われる。

赤潮による魚貝類の斃死因・斃死機構に関する既往の研究については小林[3]が既に報告しているが，それによると1946年～1947年に米国フロリダ州沿岸で起こった，*Gymnodinium breve* DAVIS 赤潮をはじめとした有毒プランクトンに起因する魚類の大量斃死例，および日本沿岸の真珠貝養殖場で起こる，赤潮発生期前後の水中溶存酸素量低下による窒息死の例など様々であり，赤潮の主構成プランクトン種および発生水域の特性などにより斃死因，斃死機構が異なることを示している。

昭和44年９月広島湾奥部，西部で発生した赤潮は，瀬戸内海としては，極く小規模の赤潮であったにもかかわらず比較的大きな漁業被害を伴った[4]。この赤潮の主体プランクトンは羽田[5]により *Euglenoida* 目のムカシウミミドリムシ，*Hemieutreptia antiqua* HADA であることが明らかとなり，一般に海産ミドリムシ赤潮と称されている。その構成プランクトンは上記ムカシウミミドリムシの他に，カワリウミミドリムシ *Eutreptia marina* その他を含んでいる場合もある。さらに昭和45年８月，９月２回にわたり岡山県から山口県に至る瀬戸内海西部のほぼ全域に，前記海産ミドリムシ赤潮が大規模に発生し，発生海域の養殖魚や定置網漁獲物などに多大の被害を与え，漁業者のみならず沿岸住民の大きな関心をよんだ[4,6]。これら海産ミドリムシ赤潮による魚貝類，特に養殖・蓄養魚類の斃死の状況は従来，瀬戸内海各地で経験されていた赤潮による斃死とは次の点で異なっていた。すなわち，i) 赤潮発生時，および発生海域の溶存酸素量は飽和に近く，充分存在していること，ii) 赤潮の生物濃度（単位容積中の個体数）の非常に低い場合にも魚類の斃死がみられること，iii) しかも魚は赤潮帯を十数分通過しただけでも斃死すること，iv) 赤潮帯を通過後は魚はすみやかに正常に復する場合もあること，v) 養殖魚では同一生簀内でも養殖２年ハマチ，当才ハマチ，マダイの順に斃死し易いこと，vi) 斃死魚はほぼ例外なく鰓蓋を開き，各鰓を拡げ，鰓弁が軽度のうっ血と粘液様物でおおわれていること，vii) 赤潮海水の脱脂綿沪液では，魚の斃死がみられないことなどである[6]。

その後，昭和47年８月にも兵庫・香川両県を中心とした瀬戸内海東部において，前記昭和45年度をはる

かに越える大規模な海産ミドリムシ赤潮が発生し，千数百万尾の養殖ハマチが斃死するという養殖史上空前の大被害をもたらした[9]。以上の3カ年にわたる海産ミドリムシ赤潮による養殖魚類を中心とした被害の状況から，海産ミドリムシ赤潮の魚に対する影響は従来知られている種々の赤潮の場合とは異なり，生きた赤潮生物が直接魚に影響すること，しかも短時間に死に至らしめるような激しいものであり，斃死魚の症状はいわゆる「窒息症状」を呈していること，また被害の状況から，従来の真珠母貝などで知られた湾奥部の局地的な被害状況とは異なり，赤潮自体が灘部全域を含めて広範囲に分布し，従って被害域も非常に広範囲におよぶことなどが明らかとなった[7]。

本研究を始めるにあたり，著者らは研究の目的を海産ミドリムシ赤潮の魚類，特に養殖魚類に対する直接的斃死因，斃死機構の解明に限定し，多くの考え得る死因，斃死機構を実験的に検討して，その否定されるものを消去することにより，真の斃死機構の把握を行なうよう努めた。ほぼ2カ年にわたる研究から当初の目的の一端を明らかにすることができたので，ここに報告する。すなわち著者らが考えた，この直接的な斃死因としては次の各項である。

1．中　　毒

赤潮生物自体もしくは，赤潮発生の前後産生される何等かの有毒物質に対する魚類の斃死を全て含めて考える。

1）生きている赤潮生物の産生する体内，外毒素による場合。

2）赤潮生物の枯死分解の際に産生される各種有毒物質による場合。

3）赤潮時，二次的に繁殖したバクテリアなどの産生する有毒物質による場合。

2．ストレス

1）赤潮生物による，または赤潮形成条件下の水質，その他の急激な変動によるストレスなどに起因する場合。

3．窒　　息

ここでは，主として鰓のガス交換の阻害に基づく窒息，いわゆる外窒息を考える。そして，次のA，Bに2大別する。

A．水中の溶存酸素量の低下に基づく場合。

1）赤潮形成に関連する低酸素水塊による場合。

2）赤潮時の赤潮生物の呼吸作用による溶存酸素量の低下による場合。

3）赤潮生物の枯死分解の際の酸素消費による溶存酸素量の低下による場合。

B．魚の側のガス交換機能の障害に基づく場合。

1）赤潮生物の存在によって起こる魚の窒息時酸素分圧，窒息点の上昇による場合。

2）水中の溶存炭酸ガスの増加，pHの上昇などによるガス交換機能の阻害による場合。

3）赤潮生物の鰓に対する，直接的影響に基づくガス交換機能の障害による場合。

4．そ の 他

材料と方法

各種の実験は水産庁南西海区水産研究所および農林省水産大学校でそれぞれ行なわれた。室内実験には，主として，培養した海産ミドリムシ（*Hemieutreptia antiqua*，ムカシウミミドリムシ）と養殖ハマチ，*Seriola quinqueradiata*，マダイ，*Chrysophyrys major* を用い，通常の病理解剖，血液性状検査のほか，呼吸生理の基礎的実験，酸素消費量，酸素利用率測定，血中ガス分圧測定，心臓搏動数測定などを行なった。海産ミドリムシの培養には特記しない外は海水をベースとした培養液 SWM—III[8] を用いた。それぞれ詳しい実験条件，方法は次の実験の各項においてのべることにする。

研 究 結 果

1. 海産ミドリムシ赤潮による魚類の斃死状況

1-1 漁場における海産ミドリムシ赤潮による魚類の斃死の状況

昭和44年以降のいわゆる海産ミドリムシ赤潮により斃死した魚種は次の通りである。

養殖魚：ハマチ（当才～3年魚），マダイ（当才～4年魚），カンパチ，ウマズラハキ，クロダイ。

天然魚：ボラ（当才～3年魚），クロダイ，ハゼ類，メイタガレイ，サヨリ，アイナメ，コチ。

その他：マダコ，クルマエビ，シャコ。

このなかには直接的な斃死と認められないものもあり，また養殖場における観察ではハマチ，カンパチがほぼ全滅した場合でも，近接生簀で飼育中のマダイ，クロダイ，ウマズラハギなどには斃死が認められなかった報告例が多い。天然魚ではボラの斃死が多く報告されている。赤潮時の魚の状態については，既に概略を前項で述べた。その他，昭和47年度の瀬戸内海東部における養殖場での観察によると，養殖ハマチは大型で活発なものほど早く斃死すること，濃い赤潮内では10分間以内に死に至ること，小割，生簀内にコンプレッサーを用いて通気したところ効果はなく，むしろ被害を大きくした場合もあること，などが明らかにされている[9]。

次に赤潮発生時における海況であるが，昭和44年～46年度瀬戸内海西部赤潮，昭和47年度瀬戸内海東部赤潮それぞれについて2～3の報告がなされている[4,6,9]。それらによると，一般に表層～5m 層までは溶存酸素量は過飽和に近く，塩素量はやや低く，pH はややアルカリ側に傾いており，透明度は著しく低下していることが特徴であり，特に溶存酸素量はむしろ高いことが注目されている。著者は昭和47年6月広島県大野町地先でヘテロシグマ *Heterosigma inlandica* を主体とした赤潮の昼夜観測を行なった。その結果では表層から 5m 層までは溶存酸素量が過飽和であり，塩素量は14～16‰でやや低く，pH は表面では8.5～8.8の高い値を示した。これらの結果は前述した海産ミドリムシ赤潮の場合とほぼ同様であり，*Heterosigma* 赤潮中で魚の斃死が全く認められなかったことは，赤潮時の水質状況が同じであっても，その構成プランクトン種によっては赤潮による魚類の被害状況が異なることを意味している。従って，このことは海産ミドリムシ赤潮による魚類の斃死機構を考察する際の参考となる。

1-2 培養海産ミドリムシのマダイに対する影響

海産ミドリムシ赤潮がマダイに与える影響を確認するために，培養した海産ミドリムシを用いて実験を行なった。

実験方法および結果

実験に用いた海産ミドリムシ（*Eutreptilla sp.*）の原種は山口県内海水産試験場より分譲を受けた。これを Allen－Nelson 液と ASP_2－NTA 液の等量混合培養液で増殖させ，さらに海水培養液（沪過海水 1*l* 当り，$NaNo_3$ 10mg, K_2HPO_4 1mg, $FeCl_3$ 0.2mg, VB_{12} 1μg を添加，滅菌）に移して増殖させたものを実験に用いた。なお，培養は 5*l* 入のフラスコに約 2.5*l* 入れ，恒温室（20°C）において，約6,000ルックスの照明下（ただし夜間は10時間消燈）で行なった。プランクトン濃度は 0.1m*l* 中の個体数を直接顕微鏡下で計数した。供試魚のマダイ（体長約 9cm，体重約 30g）は山口県仙崎漁協，または黒井漁協の養殖場から，あるいは下関市吉見地先の吾智網で漁獲されたものを，水産大学校内の流水式水槽（1×2.5×0.7m）に収容し飼育していたものである。実験は温度馴化の後，すべて恒温室（20°C）で行なった。

実験1 海産ミドリムシが種々の条件下において，マダイに与える影響

実験は直径 25 cm，深さ 10 cm の円形ガラスバットに塩酸とトリス（Tris—hydroxymethyl—aminomethane）で pH を調整した前記培養で得た赤潮海水を入れ，その中にマダイ3～5尾を投入し，約2時間以上にわたって魚体の状況を観察した。実験中は通気（CO_2 を含まない空気）により溶存酸素飽和度は常に90%以上に保った。プランクトン濃度は実験開始時および終了時に計数したが，実験中の減少率は10%

以内であった。実験開始後1時間までは15分毎に，その後は30分毎に魚の状況を記録し，斃死魚（呼吸運動が停止し，狂奔をはじめたもの）は直ちに取りあげ，その時刻を記録した。対照には全くプランクトンを含まない海水培養液を用いた。

各pH，各プランクトン濃度における魚の斃死状況を実験終了時の状況により斃死，横転，生存の別に分け，179尾，48実験の結果を図1に，またプランクトン濃度と斃死時間との関係を図2に，斃死率と呼吸数の経時的変化を図3，にそれぞれ示した。図1からも明らかなように，1つの実験においてバット中の全個体が死亡する，いわゆる100％斃死がpH 8.1 ではプランクトン濃度4,600個/m*l* から，pH8.3 では4,200個/m*l* からみられたが，pH8.5 ではその濃度はさらに低下し，2,800 個/m*l* で全個体の斃死がみられた。pH8.7 では極めて低い濃度で僅かの斃死があったが，100％斃死はむしろ高い濃度で起こった。なお，対照実験ではいづれの pH においても魚に異常を認めなかった。斃死魚の状態は運動が次第に緩慢となり，呼吸数が増大し横転する。手で触れるなどの刺激を与えると，敏感に反応していた魚も時間の経過とともに，その反応は鈍くなる。横転後は更に呼吸数が減少し，遂に呼吸が停止するに至る。呼吸停止後で魚はけいれんを起し，狂奔し，死に至る。図2に示したように，各 pH におけるプランクトン濃度と斃死時間についても，上に述べた傾向がうかがわれ，pH 8.1 試験区は5,000～8,000個/m*l* 程度のプランクトン濃度差では，プランクトン濃度と斃死時間の間に明瞭な関係は認められないが，それ以外の pH 試験区では，プランクトン濃度の低下は斃死時間の延長をうながす傾向がうかがわれる。なお，多くの実験例において斃死時間が2時間以内であることは，海産ミドリムシによるマダイの斃死が急性死であることを示している。図3a～b で明らかなように，赤潮海水中におけるマダイの呼吸数の変化については，後述する斃死因の項とも関連するが，いずれの pH 試験区でも全斃死区，無斃死区ともに対照に比し呼吸数の増加が認められる。しかし，斃死するものは140回/分以上の呼吸数を示していることが特徴的である（pH 8.1 の場合，赤潮海水に魚体を投入直後から高い呼吸数

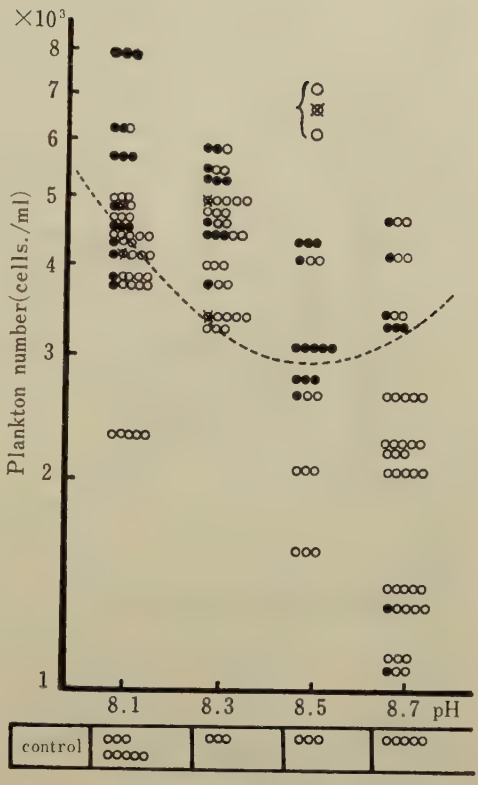


Fig. 1. Relation between plankton number and pH of sea water with the red tide bloom, in reference to living of red sea bream. Each circle represents one individual, and filled circle, death; open circle, living; open circle with cross, lie down and breathing. Control shows the results in the experiments without the bloom.

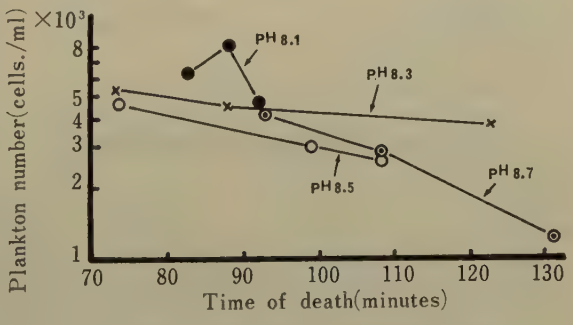


Fig. 2. Relation between the mortality time of red sea bream and plankton number of the red tide bloom.

が認められる)。対照区では呼吸数は時間の経過とともに減少していく。

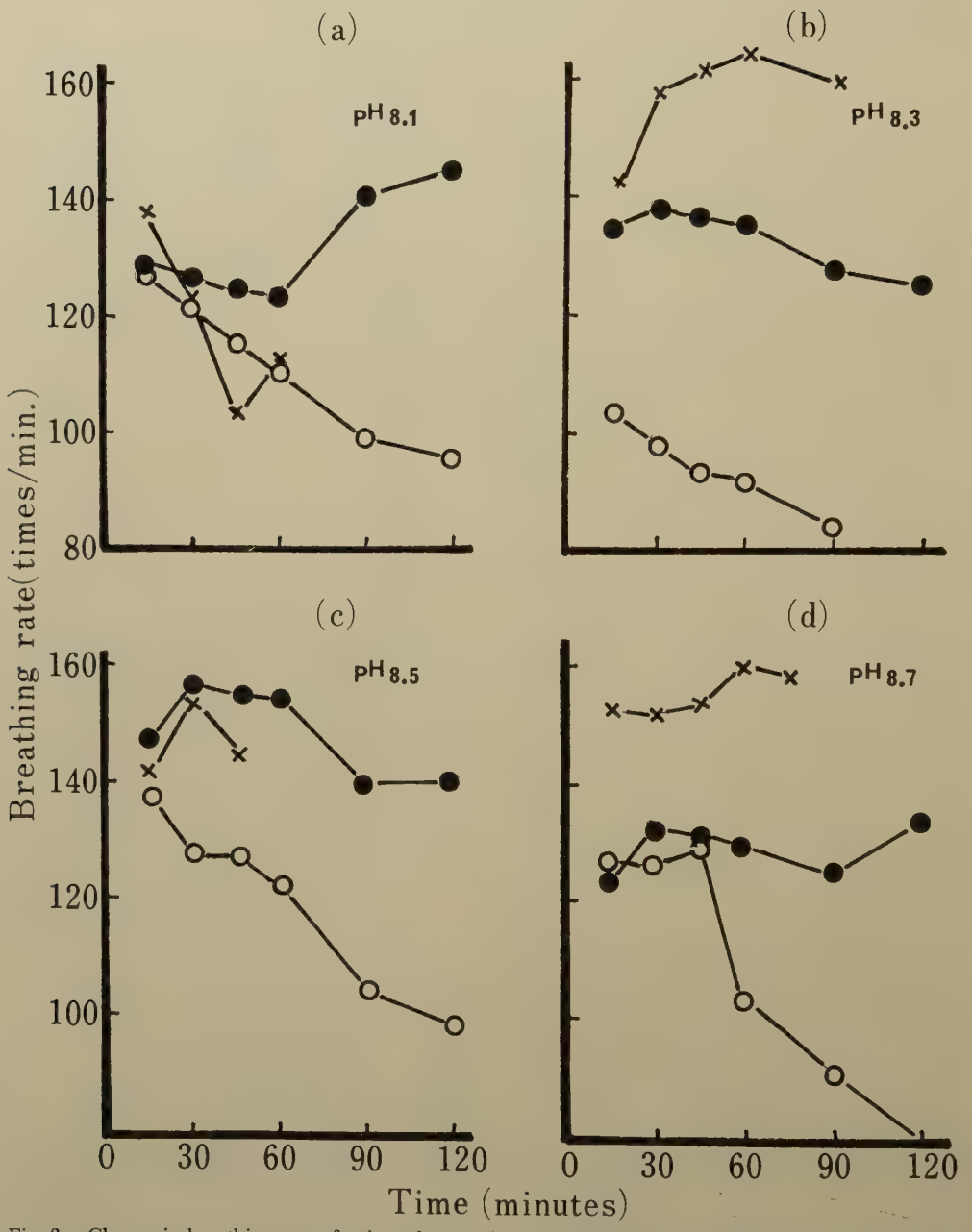


Fig. 3. Change in breathing rate of red sea bream, in the experiments that the breams are thrown in the red tide of various pH conditions. Filled circles indicate the experiment in which no fish died; crosses, all fishes died; open circles, control experiment without the bloom. Plankton number is the range of 3000 to 4500 cells per ml.

実験2・海産ミドリムシ沪液，枯死分解上澄液のマダイに対する影響

実験1と同様の方法で，海産ミドリムシ培養沪液，あるいはその枯死分解上澄液が魚におよぼす影響を実験的に検討した。沪液は定性沪紙を用い，緩曲沪過により自然落下させて作製した。枯死分解上澄液は海産ミドリムシの培養液を20°Cで，約10日間，遮光して放置することによって作製した。全ての試験液はトリスで pH 8.45 に調整した。実験の内容および結果は表1に示したとおりである。表1で明らかなように，プランクトン個体の存在しない沪液および枯死分解上澄液はいづれもマダイに対しては顕著な影響は与えないことが確認された。

Table 1. Response of red sea bream to the red tide and its various kinds of the treatment solution.

Item	Plankton number, $\times 10^4$ (cells/ml)	Breathing rate (No./min)	Response to stimulus	No. of dead fish
1. Filtrate from the red tide	1.6 (before the treatment)	145	exist always	0
2. Surface part of the decayed and decomposed red tide	3.0 (before the treatment)	135	ditto	0
3. The red tide	2.9	155	disappear gradually	2
4. ditto	2.3	165	ditto	1
5. ditto	0.4	180	ditto	1
6. Medium for the culture	—	145	exist always	0

Notes: pH of the treatment solution, 8.5–8.7
Number of the dead fish is represented regarding one group of three fishes.

1-3 培養海産ミドリムシのハマチに対する影響

海産ミドリムシのハマチに対する影響を確認するために，培養した海産ミドリムシを用いて下記の実験を行なった。

実験方法および結果

実験に用いた海産ミドリムシ（*Hemieutreptia antiqua*）は1972年9月広島県水産試験場が広島湾より採取，単離したものを原種とした。培養液は岩崎の SW—II の処方[10]に，ビタミン B_{12} を 2μg/l 添加したものを用い，培養は 5l 入フラスコで 20°C，6,000～10,000 ルックスの照明下（1日9時間照明）で行った。プランクトン濃度の測定は 5～10μl ミクロピペット（Yankee disposable micropet Clay Adams 社製）に直接採取し，顕微鏡下で計数した。計数は3回行ない，この平均をとった。供試した当才の養殖ハマチ（体長約 40 cm，体重約 700 g）は広島県大竹市阿多田島で養殖したもので，適時運搬し，南西海区水産研究所内の大型水槽に収容していたものを用いた。実験は海産ミドリムシ赤潮がハマチの呼吸生理，循環生理におよぼす影響を同時に検討するために，供試魚は予め脊髄を切断し，体後方の運動を不能とした。実験装置は図4に示したとおりである。心臓搏動数および鰓蓋運動数は日本光電製オシロスコープセットを用いた。心搏測定の電極挿入法は難波らの方法[11]を用いた。鰓蓋運動はエルマ製キモグラフィーも併せて使用した。実験開始時と終了時にそれぞれ一般的病理解剖の他に血液性状の検査（ヘマトクリット値，ヘモグロビン含量，血球抵抗値，血漿蛋白含量，血中ガス分圧等）も行なった。実験水温はクールニック

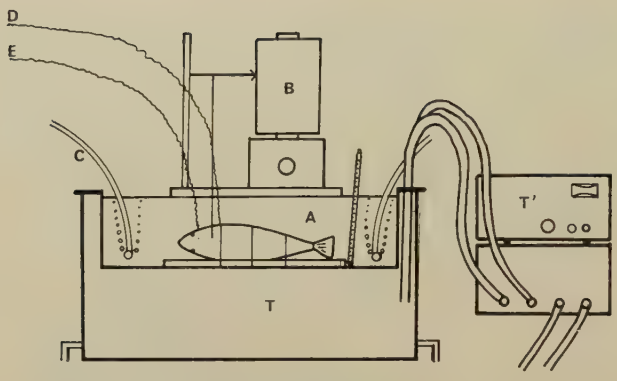


Fig. 4. Diagram illustrating the experimental apparatus for recording the breathing and heart pulsation rates in the yellow tail affected by sea water of the red tide bloom. A, experimental tray; B, kymograph; C, aeration tube; D, lead for recording of the heart pulsation; E, lead for the gill movement; T, constant temperature tank; T′, circulating machine to T.

スサーキュレーター（小松エレクトロニクス社製）で25～26°Cに保った。対照区は赤潮培養液の脱脂綿沪液を沪過海水に加えたものを用いた。

実験結果の代表的なものを選び，心臓搏動数，呼吸数と斃死時間との関係を図5，図6に示した。プランクトン濃度は同図に示した。実験終了時の魚体観察では，体色は褪色し，鰓蓋内側，下顎端などに軽度の発赤がみられ，鰓蓋を大きく開いている場合が多い。鰓は軽度のうっ血のほか，例外なくほぼ透明の粘性物質に被われている。粘性物質は鰓葉外面を被い，各鰓弁間に楔状の固形物が形成されている（Plate I, Fig. 8）。この固形物は黄褐色の粘性物からなり，海水中に静置するとかなり長時間にわたって形を保つ。また鰓の逆洗によって，これら固形物は容易に離脱する。魚体の鰓上皮からの大量の粘液分泌は，この実験条件下では心臓搏動の完全な停止後数分から十数分後に起こるのが普通であり，また単なる実験の不手際による斃死魚，あるいは水中溶存酸素量の欠乏による窒息性窒息魚では，呼吸停止直後にこのような鰓蓋面上

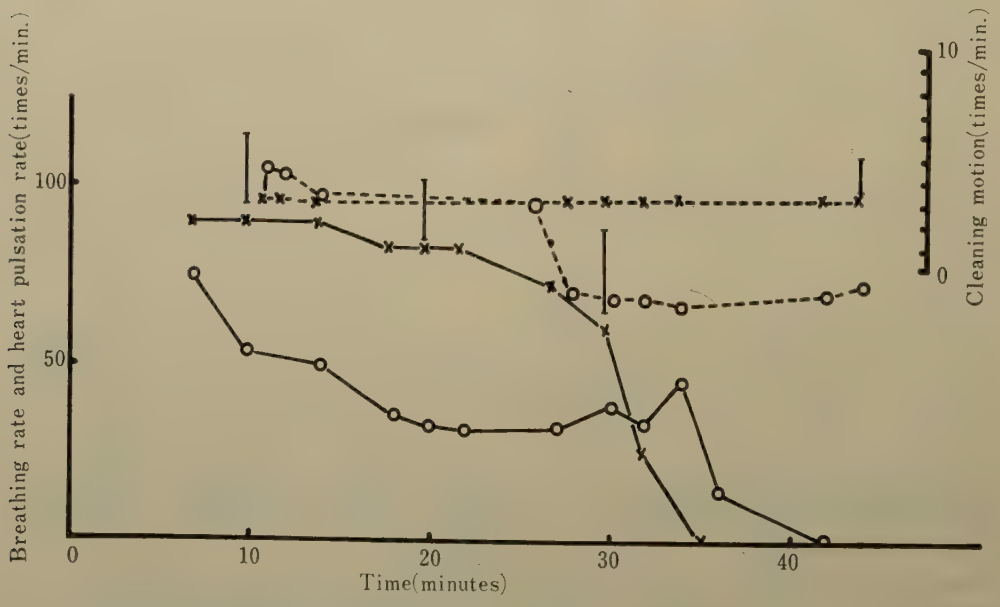


Fig. 5. Change in breathing and heart pulsation rates of the yellow tail, affected by the red tide (plankton number, about 1700 cells per ml). Open circle, heart pulsation rate; cross, breathing rate; vertical bar, frequency of cleaning motion in the breathing; broken line, control experiment in the filtrate from the red tide.

Fig. 6. Change in breathing rate of the yellow tail, affected by the red tide bloom of various concentration. Plankton number of the bloom are as follows; open circle, 2300 cells per ml; filled circle, 1300; triangle, 800; square, 500; cross, no bloom (control).

の粘性物および楔状固型物はみられないことから，これらは海産ミドリムシに由来するものと考え得る。図5，6からも明らかなように，前述したマダイの場合と同様，心臓搏動数と呼吸数はともに急速に減少していく。また赤潮海水中では，洗滌運動の回数が対照に較べて多い傾向がうかがわれる。心臓搏動数については，斃死直前の一時的な増加がみられるが速やかに搏動停止に至る。それに対し対照区はほぼ一定の値をとり，本実験条件では心搏数約70回/分，呼吸数約100回/分を示した。

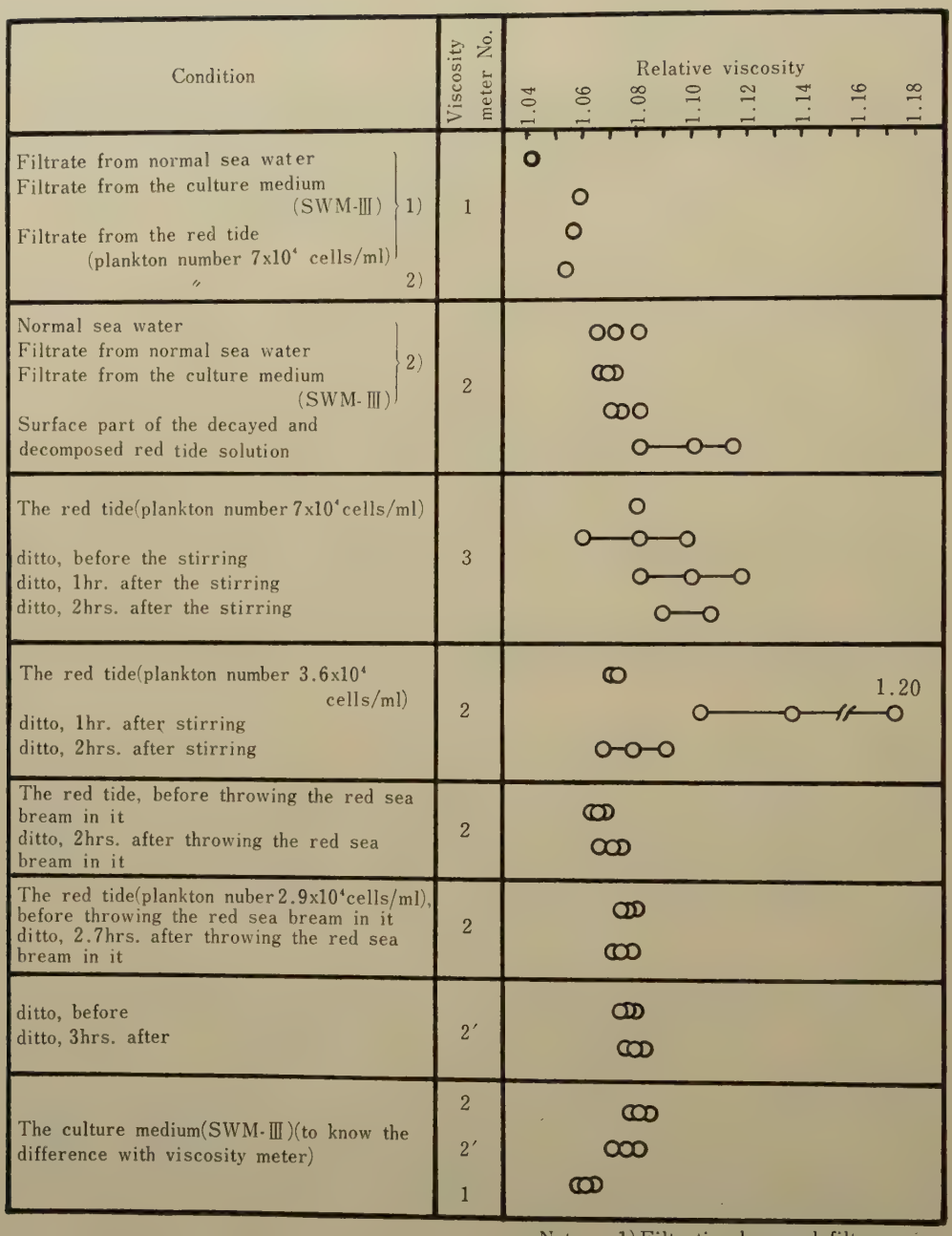
2．海産ミドリムシの特性について

2-1 海産ミドリムシ赤潮の粘性

一般に海産ミドリムシ赤潮では，海水の粘稠度が増加するといわれており[12]，海水粘稠度の変化を培養海産ミドリムシを用いて実験的に検討した。

実験方法および結果

測定はオストワルド粘度計を用い，20°C の恒温水槽中で行なった。粘性は相対粘度で表示した。すなわち，蒸溜水の粘度係数を Yw, 比重を dw, 粘度計での測定時間を tw, 被検液のそれらを Y, d, t とすると相対粘度は $Y/Yw=d\cdot t/dw\cdot tw$ で表わされる。この場合の比重は 10ml 用の比重瓶を用いて測定した。なお，粘度の測定は，同一試料を原則として3回採取して行なった。また，使用した個々の比重瓶，培養液に起因する測定の誤差は±0.005（相対粘度）であった。種々の条件の培養液（1-2の実験で用いたものと同様）について行なわれた測定結果を図7に要約して示した。図7からも明らかなように，対照である培養液（SWM－III）は海水よりもやや粘度が高いが，海産ミドリムシの増殖した培養液の粘性もそれ程著しく増大しない。しかし，海産ミドリムシの枯死分解上澄液は粘度の増加が認められる。また培養液に通気しながら，ガラス棒で1時間余，激しく攪拌すると粘性は増加する。この攪拌をさらに2～3時間も続



Notes; 1) Filtration by usual filter paper
2) Filtration by millipore filter

Fig. 7. Relative viscosity of the red tide (cultured *Hemieutreptia sp* sol.) and its various kinds of the treatment solution.

けると粘性が逆に低下してくることが明らかとなった。海産ミドリムシの培養液中にマダイを投入して，その２～３時間後における粘性の変化をみたところ，投入直後の値はわづかに増加の傾向を示したとはいえ，普通の海水の値と著い差異は認められない。相対粘度に 10.09 を乗じて粘度係数を求めると海産ミドリムシの培養液は 11.29～10.59 の範囲となり，また攪拌して粘性が最も増大した場合でも 12.10 となり，通常海水（15～20°C, 20‰）の粘性係数と大差はない。

2-2　海産ミドリムシの粘液様物質放出について

海産ミドリムシの諸性質，とりわけその栄養要求，生理・生態についてはすでにいくつかの報告がなされている[13,14,15]。またムカシウミミドリムシ *Hemieutreptia antiqua* Hada の形態および構造については羽田[5]，高山[12] の報告がある。高山[12] によると，ムカシウミミドリムシは培養中培養密度が高くなったり，直射日光を照射すると，培養器底に凝集して粘性の高い塊り状を呈し，容易に粘液放出，変形が行なわれるとのことである。これらを確認する目的で前述の培養海産ミドリムシを用いて以下の実験を行なった。

実験方法および結果

pH, プランクトン濃度の異なる培養海産ミドリムシ赤潮と一定のメッシュのプランクトン用網地（絹製，オープニング 95μ）を用いて，沪水効率の変化，虫体の変化などを検討した。沪過器は 250m*l* 用広口ポリビンを改造し，直径 3cm のプランクトン用網地を張り，250 m*l* づつ注入を繰り返して沪過し，それぞれの沪過に要する時間を測定した。pH の調整は塩酸および水酸化ナトリウムを用いた。水温は18～19°C に保った。沪水試験終了後，沪液内の虫体および網地の目詰りの状態などを顕微鏡下で観察した。測定結果

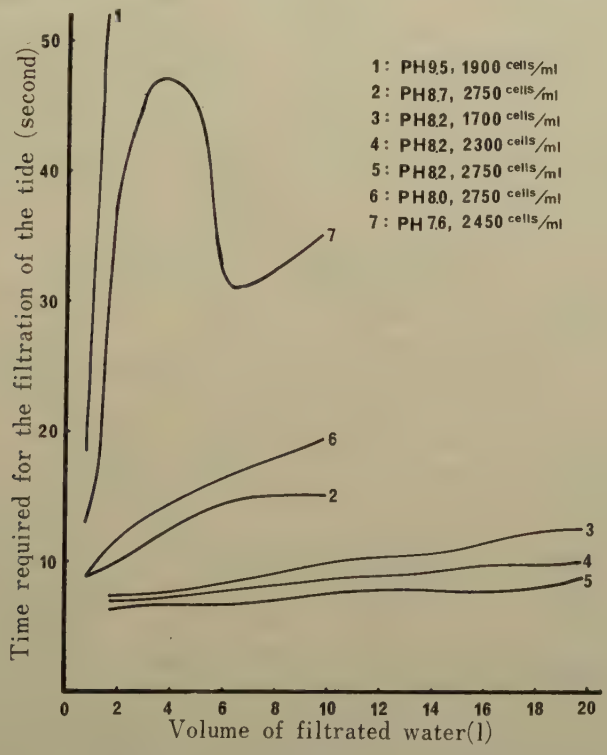


Fig. 8.　Time required for the filtration of the red tide (250ml) through the silk net with opening 95μ. Abscissa indicates total volume of the red tide through the net.

は図8に一括して示した。また沪水試験終了後の網地の状態の一部を（Plate I, Figs. 5, 6, 7）に示した。以上の実験結果から，pH 7.5～9.5 の範囲では pH 7.6 の沪水率が最も低く，pH 9.5 では急激な沪水率の低下が認められた。pH 9.5 では，虫体のほとんどが球形のシスト状であり，沪過前の赤潮海水には透明な多量の粘性物質がみられた。この粘性物質を除き球形シスト状のものだけではほとんど沪水率の低下は認められない。また同一 pH では沪過回数の少ない，いわば新しい赤潮海水ほど，沪水率が低下する。沪水試験終了後の網地の観察では，沪水率の著しい低下のない間は網目に透明な粘性物質の付着のみ認められるが，沪水率の低下に伴ない，緑褐色色素を含む細胞崩壊物により目詰りを形成している場合が多くなる。粘性物質は脆い膜状の構造をしている。虫体を検鏡中しばしば起こる粘性物質放出，球形シスト化，全細胞崩壊過程は通常は2段階で起こる。まず，健全な紡錐形虫体（全長 60～130μ，巾 30～40μ）が核を中心に球形のシスト化を起こし（直径20～30μ），その際一部の粘液体を含む体表層部が剝離崩壊し，脆弱な非常に薄い膜状構造物を形成する（直径約50μ余）。つづいて，球形シストが破裂し，色素を含む不定形の膜状構造となる（直径60～100μ）。これらの過程の一部を図版 I（Plate I, Figs. 1, 2, 3, 4）に示した。

3. 海産ミドリムシ赤潮による魚類の斃死因の実験的吟味

前述した漁場での観察および種々の実験から，海産ミドリムシ赤潮の魚毒性の有無および呼吸生理異常について，さらに検討する必要があると考え以下の実験を行なった。

3-1 海産ミドリムシ赤潮の魚毒性の有無について

実験1 各種海産ミドリムシ処理液のマダイ腹腔内注入による魚毒性の予察

供試魚および培養海産ミドリムシは，1-2 の実験1と同じものを用いたが，この場合の培養液の処方は SWM -III によった。海産ミドリムシの培養液を表2に示すような種々の処理を行ない，前記マダイの腹腔内に注射して，魚の生死から毒性を予察した。供試マダイは実験の数日前より恒温室内の実験水槽（循環式，75×45×45 cm）に移し 20°C の温度に馴らしておいた。沪液は予め滅菌蒸溜水で洗滌しておいた

Table 2. Characteristics of the red tide and its various kinds of the treatment sol. injected into abdominal cavity of red sea bream.

Item	Plankton number, $\times 10^4$ (before the treatment) (cells/ml)	osmotic pressure (△°C)	pH	Notes
1. Filtrate from the red tide and dialysed	7.5	0.00		Dialysed by cellulose membrane and concentrated by Cefarax
2. ditto	2.9	0.23		
3. ditto	7.0	0.79	8.34	
4. Filtrate from the red tide	7.1	2.04	8.71	
5. Three times dilution of 4	7.1/3	2.04/3		
6. Filtrate after crush in mortar	6.3	2.04	8.63	Crush time, 30 min. Crush rate, 60.3%
7. Filtrate after crush by super sonic wave	2.9	2.04		100 V, 100 mA, 1 hr. Crush rate, 88.8%
8. Surface part of decayed and decomposed red tide sol.	7.0	2.04		Allowed to stand in dark for 3 days and 18 hrs.
9. Physiological salt sol. (I)			7.20	
10. ditto (II)			8.81	Regulated by Tris-buffer

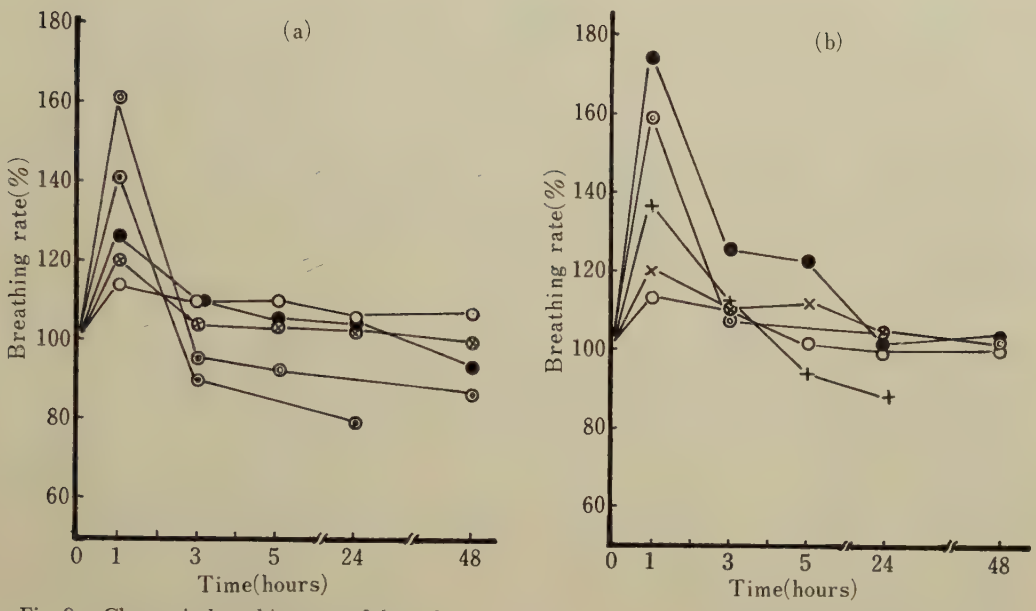


Fig. 9. Change in breathing rate of the red sea bream caused by the abdominal injection of the various treatment solution from the red tide.

Marks are as follows: in (a), the filtrate from the red tide was dialysed against running water; ⊙, osmotic pressure △ is 0°C; ●, 0.23°C; ◎, 0.79°C; ○, 2.04 °C; ⊗, 2.04 x 1/3°C: in (b), ○, the filtrate from the red tide affected by super sonic wave; ●, the filtrate from the red tide affected by mortar's crushing; ◎, surface part of the decayed and decomposed red tide solution; ×, physiological salt solution of pH 7.2; +, the same solution of pH 8.8.

In each case, the value is represented by percentage against that of normal stage.

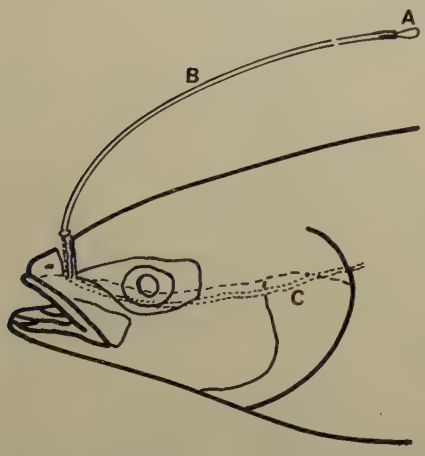


Fig. 10. Showing the insertion of a cannula in the *dorsal aorta* of the yellow tail for long-term blood sampling. A, glass plug; B, polyethylene tube (dia. 1.1 mm); C, needle. (modified from Smith-Bell, 1964)

ミリポァーフィルター HA (0.45μ) を通して調整し，できるだけ雑菌の混入を防いだ。注射器，その他使用器具は全て滅菌した。一実験区当りの供試尾数は3～5尾で，1尾宛の注射量は 0.5ml であった。注射前と注射後1，3，5，24，48時間毎に魚の呼吸数を測定し，また魚の状況を観察した。注射前の呼吸数を100％として，呼吸数の時間的変化を図9に示した。これによれば対照区としてリンガー氏液を注入した試験区を含め，すべての実験区で呼吸数は注射1時間後に急激に増加するが，5時間後にはほぼ平常値(90回/分程度)，あるいはそれ以上にまで減少することがわかる。この実験では注射液の浸透圧，pH，沪過前の培養液のプランクトン濃度などを種々検討して試験区を設定したが，いずれの試験区とも外見上異常を認めない魚では，1尾の死亡もなかった。しかし呼吸数の一時的増大の程度が注射液の種類により異なり，さらに140回/分以上の呼吸数を示す例があることなどは注目される。

実験2　培養海産ミドリムシ沪液のハマチ背動脈内注入による魚毒性の予察

供試魚は山口県豊浦郡豊浦町黒井漁協養殖場で養殖されたハマチ（体長約36cm, 体重約800g）を水産大学校内の水槽に収容し，蓄養したものを用いた。実験は上記ハマチに予め手術によって，ポリエチレンチューブ（直径 1.3mm）のカニュレーションを背大動脈に行ない，それを通じて1尾当り 5～7m*l* づつの培養ミドリムシ沪液を血管内に注入した（図10参照）。沪過前の培養プランクトン濃度は 7×10^4個/m*l* であり，沪液は血球の浸透圧と等しくするため滅菌蒸溜水で約3倍に稀釈した（浸透圧△＝－0.7°C)。また，沪液の pH は8.10そのままを用いた場合と，トリスを加えて pH8.48 に調整した場合の2通りであった。1回の実験に供試魚2尾づつ用い，48時間観察を行なったが，培養ミドリムシ沪液の注入により魚体には何等の異常も認められなかった。

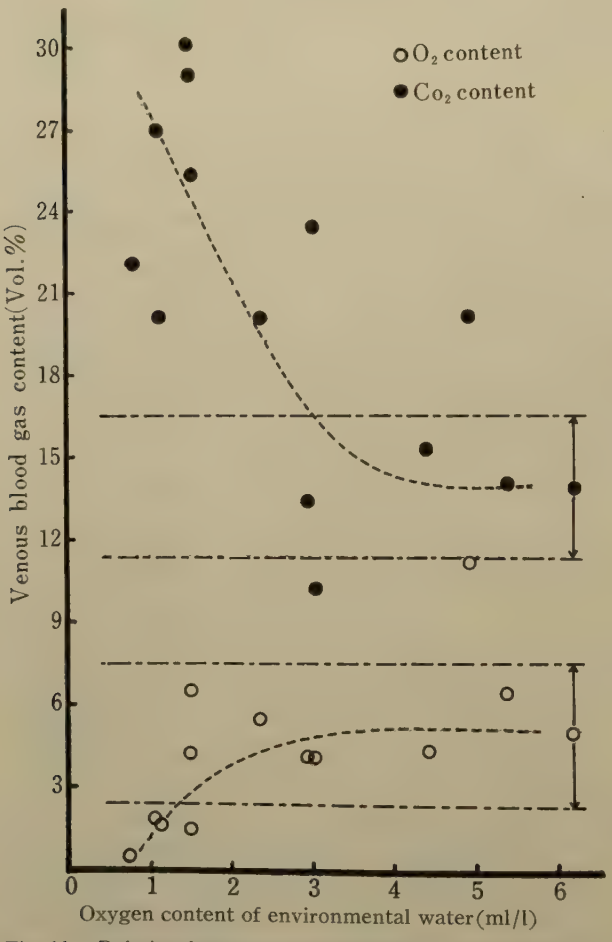


Fig. 11. Relation between venous blood gas content in the yellow tail and oxygen content of environmental water.
Water temperature, 10.2–16.0°C; Open circle, oxygen content (Vol. %); filled circle, carbon dioxide (Vol. %).
The range shown by chain line represents the level in normal state.

4. 海産ミドリムシによる魚類の呼吸生理障害について

漁場における海産ミドリムシ赤潮による魚の斃死の状況などから，この赤潮は魚類の呼吸作用に何らかの悪影響を与えていることは明らかである。しかし，その詳細については不明な点が多く，それが本赤潮の被害機構解明の妨げとなった。魚類の呼吸作用に関する研究は，魚類が水中に生息するため採血方法を始めとして，種々の面に多くの困難があるが，色々な角度から海産ミドリムシ赤潮が魚類の呼吸生理におよぼす影響について検討を加えた。

4-1　水中溶存酸素量とハマチの血液ガス含量との関連について

実験方法および結果

水中低酸素がハマチの血液ガス含量に及ぼす影響を検討するため，予め供試ハマチに対し，図10に示した方法により，背大動脈にカニューレーションの手術を施し，動脈血を採取できるようにした。静脈血は心臓針穿によって採取した。実験は予め手術を施した供試ハマチ（2-2，実験2と同様である）1尾を，曝気を行ないながら実験水槽（30×75×40 cm 深さ）に収容し，約2時間以上新しい環境に馴らし，その後曝気を停止し，水量を半減し，一定時間毎にカニューレより採血した。同時に水槽水の溶存酸素量を測定した。血液ガス含量は血液 0.5m*l* を用いてバンスライク検圧計により，また水中溶

存酸素量は，ウインクラー法により測定した。なお静脈血採取の際，魚体を水面近くで背位に保持するなどの操作を行なうため，魚体の疲労や興奮が長く残り，血液ガス含量に大きく影響すると考えられたので，静脈血の場合は連続採血を避けた。

水中溶存酸素の低下に伴なう血液ガス含量の変化を13個体の静脈血について求めた結果を図11に示した。同図にはまたハマチの平常状態における血液ガス含量の範囲も示した。この図からわかるように血液中CO_2の変動は大きい。魚類においては運動，興奮などの影響による酸素消費量の増大が血中の乳酸の増加と共に極めて長く続くことが報告されており，それが静脈血中CO_2含量に大きく影響しているものと考えられる。しかし，一般にCO_2含量は環境水溶存酸素量が4.0ml/l以下に低下すると除々に増加し，2.0ml/l以下では20Vol. %以上にも達する。このことは既に4.0ml/l以下で体内組織において何か代謝機能の促進が起こっていることを示していると考えられる。血液中のO_2含量は個体差は少く，CO_2含量より変動は少なかった。しかし環境水溶存酸素量が2.0ml/lまでは血中のO_2含量の平常値の範囲からの低下はみられないが，その後O_2量の減少が始り1.5ml/l以下では急激な減少が起こることが明らかとなった。

動脈血については，8個体18実験の結果を図12に示した。この場合，1個体からの採血は3回以下にとどめた。同図にはまた平常状態における正常魚の動脈血のO_2, CO_2含量も示した。測定値は静脈血の場合

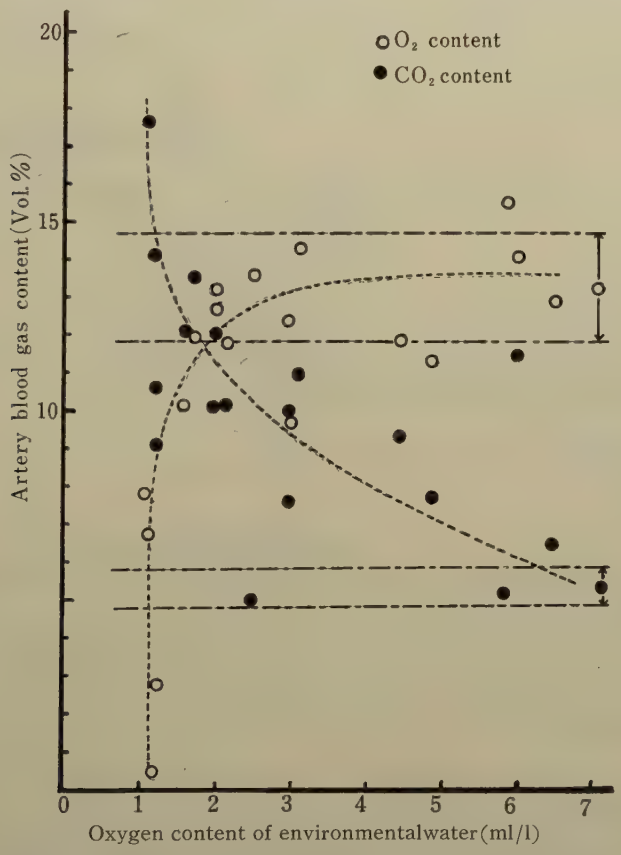


Fig. 12. Relation between artery blood gas content in the yellow tail and dissolved oxygen content of environmental water. Water temperature, 10.0–14.5°C. Other legends are same as in Fig. 11.

と同様，極めて変異が大きい。しかし動脈血の O_2 含量は環境水溶存酸素量が 2ml/l 前後までは，ほぼ正常状態の範囲内に留るが，それ以下になると急激に減少することがわかる。このことはまた，溶存酸素量が 2ml/l では「鼻あげ現象」がみられず，1.2 ml/l 前後になって狂奔が始まるという観察例と一致する。なお狂奔開始時の血液 O_2 含量は6.6～7.7Vol. %を示し，斃死寸前のそれは 2.7 Vol. %以下であった。他方 CO_2 含量は溶存酸素量の低下と共に除々に増加するが，やはり溶存酸素量 2 ml/l 以下になって急激に増大する傾向を示している。通常動脈血の O_2 含量は CO_2 含量よりも多いのであるが，水中溶存酸素量 1.7～2.0 ml/l 付近でその関係が逆転することが図12よりみられる。また，同図の曲線より動脈血 O_2 臨界値は溶存酸素量の 3ml/l と推察され，静脈血の結果を考慮すると，水中溶存酸素量 1.7ml/l で窒息現象の一つの過程が始まるものと考えられよう。

4-2　海産ミドリムシ赤潮中におけるハマチの血液ガス含量と呼吸状況

4-1と同様のハマチおよび培養海産ミドリムシを用い，図13に示す実験装置を用いて行なった。実験水槽に動脈血採取用カニューレを施したハマチ１尾を収容し，２～４時間にわたり実験水温（17～18°C）に

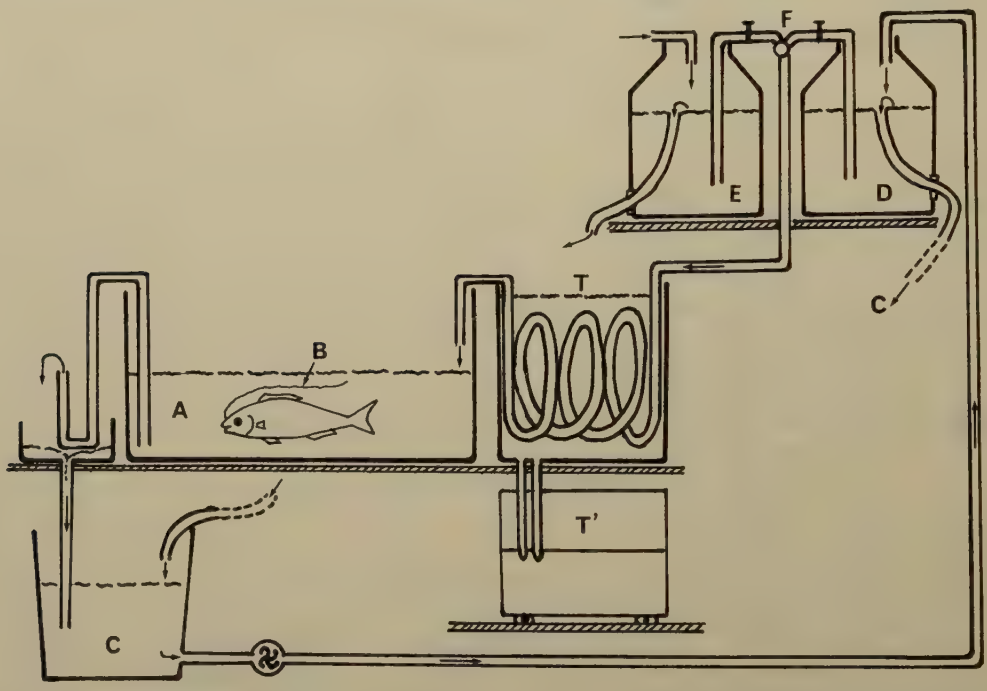


Fig. 13.　Circulating apparatus of the red tide set for the purpose of the investigation of breathing and blood gas content in the yellow tail.　A, experimental aquarium;　B, polyethylene tube for blood sampling;　C, reservoir of the red tide;　D, sea water of the red tide;　E, normal sea water;　F, cock for changing the flow;　T, T′, constant temperature tank.

馴らした。魚体が安静になってから，正常海水中での血液ガス含量および溶存酸素量その他を測定した。測定方法は4-1と同様である。その後，高架貯溜瓶に入れた赤潮海水を実験水槽中に流入，循環させた。その他は直接実験水槽の赤潮海水中に投入した。魚体を観察しつつ，その反応に応じて動脈血の採取と環境水の採取を行なった。３個体について動脈血の O_2, CO_2 含量，呼吸数および環境条件などについて測定，観察した結果を図14に示した。これによれば実験を行なった３魚体いづれの場合にも，赤潮海水中では溶存酸素量が充分あるにもかかわらず，動脈血の O_2 含量の低下が明らかにみられる。ことに，魚体 No. 3

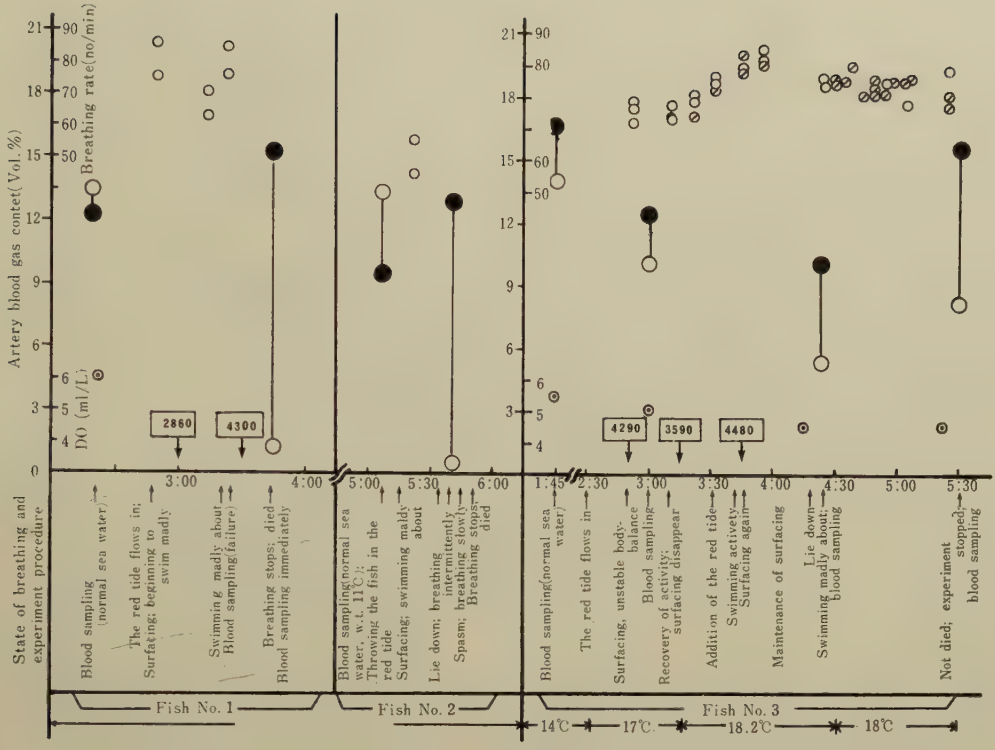


Fig. 14. Illustrating the state of breathing and artery blood gas content in yellow tail which was experimentally affected by the red tide.

Marks represent as follows: ○, oxygen content (Vol. %); ●, carbon dioxide content (Vol. %); ○, breathing rate (no./min); ⓘ, breathing with the coughing ⊙, dissolved oxygen content (ppm); Boxed numeral indicates the plankton number of the red tide (cells/ml).

の場合には，血液の O_2 含量は正常魚の 11.8～14.8Vol. %の範囲から時間の経過とともに徐々に大きく逸脱，低下してゆくことがわかる。4-1 の結果に照らして，この時のハマチの血液性状は，窒息現象を示しているものと考えられる。

4-3　海産ミドリムシ赤潮中の呼吸における酸素利用率

実験材料は前記4 2の場合と同じである。ハマチの口腔水および鰓腔水を採取するために，ポリエチレンチューブ（イガラシ No. 20）のカニューレーションを予め行なっておく（麻酔下）。カニューレーの長さは約40cm で，その場所は，1本は頭蓋の鼻中隔より口腔内へ，他の1本は左胸鰭の腹側，鎖骨直下を通って鰓腔に面した部位である。この手術魚を直径 12cm，長さ約 45cm のポリエチレンパイプ呼吸室の中に収容し，流水式呼吸測定装置使用の要領で実験を行なった。採水用のチューブはパイプ上の小孔にはめたゴム栓を経て装置外に取り出してある。

魚をまず呼吸室内で正常海水に馴らし（約15時間），採水を行なう。その後，ほぼ同温度の海産ミドリムシ赤潮（プランクトン濃度，26,000個/ml）約 60*l* を循環径路に投入，これに切り換え一定時間毎に採水を行なった。なお同時に呼吸室の入口，出口からも採水を行ない，酸素消費量の測定（ウインクラー法）に供した。ポリエチレンチューブからの採水は 5m*l* の注射器で行ない，溶存酸素量を測定した。

口腔，鰓腔水の溶存酸素量より酸素利用率を計算した。また，呼吸室を通過する単位時間当りの流水量と酸素消費量より沪水量を計算した。

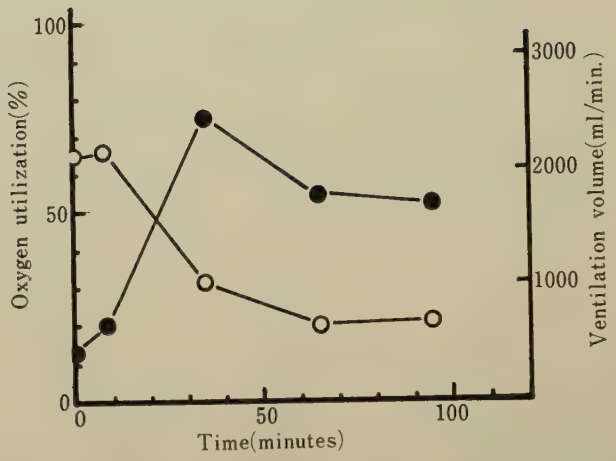


Fig. 15–a. Change in oxygen utilization and the ventilation vloume in the couse of breathing of the yellow tail, affected by the red tide bloom. Open circles represent utilization; filled circles, ventilation volume. The values at zero time show ones in normal sea water.

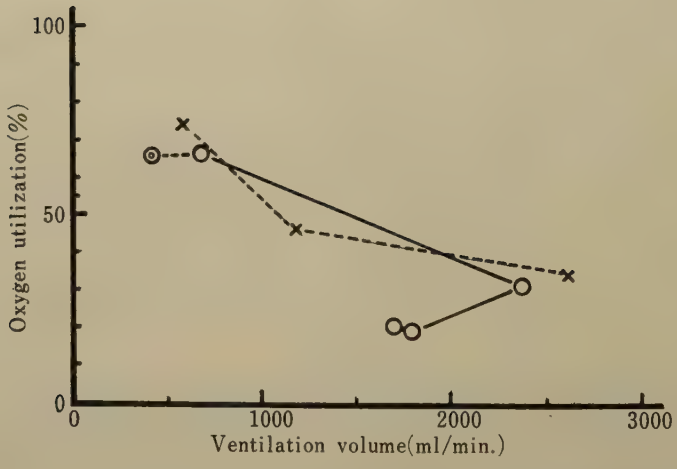


Fig. 15–b. Relation between oxygen utilization and ventilation volume in breathing of the yellow tail under the influence of the red tide bloom. Double circle represents the value in normal sea water just before the red tide affects on the fish; crosses with broken line, the control experiment in normal sea water.

実験結果を図15 a-b に示した。赤潮海水が呼吸室に流入されると，時間の経過と共に，酸素利用率は65%から次第に20%近くに低下する。一方，沪水量は時間の経過と共に増大するが，25分後からは逆に減少を示している。沪水量と利用率の関係をみると，赤潮海水中の死直前の魚では対照と較べて同じ沪水量に対して酸素利用率が1/2以下になっていることを示している。

4-4　海産ミドリムシによるハマチ斃死時の血液性状の変化について

実験方法および結果

培養海産ミドリムシおよび供試ハマチは1-3の項ではべた実験と同様である。血液性状検査項目および測定方法は次のとおりである。ヘモグロビン含量——A.O. 社製Hbメーター，ヘマトクリット——ミクロヘマトクリット法，血漿蛋白——日立製屈折計，血球抵抗値——ミクロキャピラリー法，血中ガス分圧およびpH——I・L 社製 I・L メーター。実験開始前に Sano の方法[16] により，シリンジを用いてキュービエ氏管より約 0.5 ml 採血し，血液性状検査に用いた。採血後，魚はそのまま図4に示す実験水槽に収容し，呼吸停止直後に再びキュービエ氏管および背大動脈から採血した。それぞれの血液性状は図16に一括して示した。血液性状については，個体による差が一般に大きい。しかし，血液内酸素分圧については呼吸停止直後のキュービエ氏管内静脈血は 20 mmHg 以下を示す場合が多く，また，実験開始前の血中ガス分圧との差が対照に比して大きい傾向がうかがえる。pH についても斃死時のキュービエ氏管内静脈血，および背動脈内動脈血共に 7.0 に近い値をとり，対照の 7.4 より明らかに低い値を示している。ヘマトクリット値，ヘモグロビン含量は実験開始前より実験終了時の方が高い値となる傾向を示しており，いわゆる血液濃縮を呈している。血漿蛋白には一定の傾向はみられない。血球抵抗値は対照に比し全て高い値を示している。また全溶血を起す食塩水濃度も高くなっている。これらの結果は，赤潮海水中で斃死した供試ハマチが「窒息」による斃死であることを示してるものと考えられよう。

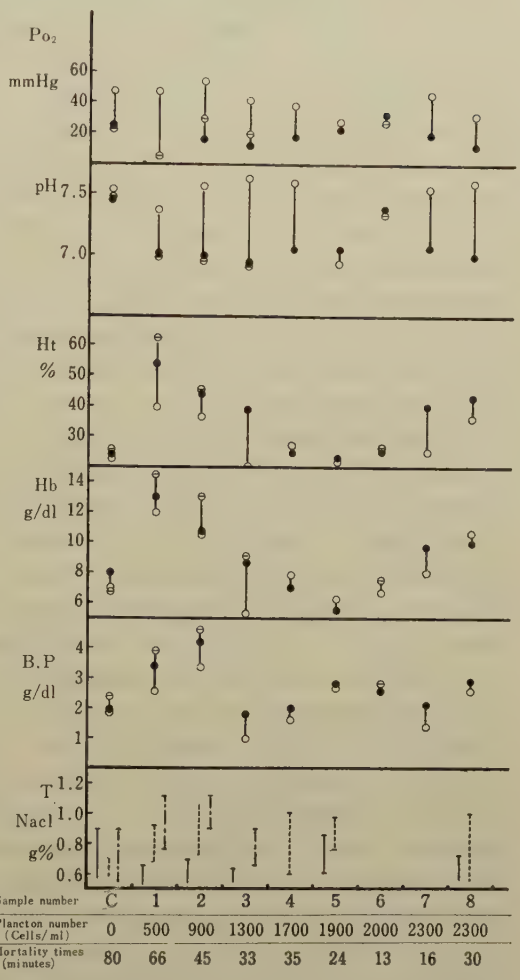


Fig. 16. Respiratory characteristics of blood of cultured yellow tail affected experimentally by the red tide. Marks represent as follows: ○ and vertical solid line, blood sampling from *Ductus cuvier* before beginning of the experiment; ● and broken line, from *Ductus cuvier* after the experiment; ⊖ and chain line, from *Aorta dorsalis* after the experiment. Abscissa; sample number of the fish (No. C is control), with together plankton number of the red tide and mortality time of the fish. Ordinates; pO_2 (mmHg), pH, Ht(%), Hb (g/dl), B.P. (blood protein content, g/dl), T, (tolerance of red corpuscle against NaCl solution, %) in up to down order.

考　　察

海産ミドリムシ赤潮による魚類，特に養殖ハマチ，マダイに対する直接的な斃死因，斃死機構を究明するに際して，本研究で得られた実験結果に基づいて，種々の面から考察を行なってみる。

○海産ミドリムシ赤潮の魚毒性について

赤潮プランクトンの魚毒性に関しては，すでに述べた *Gymnodinium breve*[17] のほかに，Abbott & Ballantine[18] による *Gymnodinium veneficum*, Olson[19] による *Anabaena lemmermanni* などの報告があり，また日本では1962年相模湖で発生した *Glenodinium gymnodinium* の毒性に関して，Matida et al.[20], Hashimoto et al.[21] の研究がある。井上[22] らは広島沿岸産の *Exuviaela sp.* 赤潮の毒性を検討した結果，この赤潮 1g は約 80Mu の毒性を有することを報告しており，また岡市[23] は香川県沿岸産の *Noctiluca sp.* 赤潮からもある種の有毒物質を検出している。海産ミドリムシ赤潮では，前述の相模湖の例などとは異なり，プランクトン沪液，超音波破砕沪液などに致死的な毒性は確認できず[24]，また3-1の実験1，2からも明らかなように海産ミドリムシ赤潮のマダイ，ハマチに対する致死的な毒性は証明し得ない。従って，本論のはじめに整理した1項の1)および2)，すなわち，赤潮生物自体，もしくは赤潮発生の前後産生される何等かの有毒物質のうち，生きている赤潮生物の産出する体内，外毒素および赤潮生物の枯死分解の際に産生される各種有毒物質などは，この場合マダイ，ハマチの直接的斃死の主因とはなり得ないと思われる。さらに1項の3)，赤潮時に二次的に繁殖したバクテリアなどの産生する有毒物質については，直接，実験は行なわなかったが，潮通しの良い灘部で形成された海産ミドリムシ赤潮帯を通過した漁船の活魚槽の魚が斃死したという事実からも，また本研究では直接的死因のみを問題としていることからも，現在検討中の斃死因から除外することが妥当であろうと考える。

○海産ミドリムシ赤潮による魚のストレスについて

海産ミドリムシ赤潮に限らず，全ての赤潮海域内では魚の行動および生理に何等かの影響が現われるという[9]。これは，多くの場合有色素プランクトンの光合成による pH の上昇，プランクトンによる透明度の急激な変化，魚の体表，鰓に対する赤潮プランクトンの何等かの刺激によるものと思われる。小林[25]は *Olithodiscus sp.* 赤潮による魚類の生理的変化を詳細に検討しており，赤潮海水中では魚体の代謝機能の異常な昂進のあることを述べている。また，漁場での観察においても，赤潮形成前から魚の摂餌が落ちることが知られており，赤潮発生および形成時には特異な海気象，水質状態が起り，これらは魚に致死的ではないが何等かの影響があることは容易に推察し得る。

○海産ミドリムシ赤潮による魚類「窒息」について

海産ミドリムシ赤潮では，漁場において昼夜間をとわず実際に魚の斃死が起こること，また各種実験によっても水中の溶存酸素量が充分あるにもかかわらず，斃死が起こることから明らかなように，水中溶存酸素量の低下に基づく，単純な窒息性窒息とは認め難い。天然魚の斃死例のなかには，赤潮生物の枯死分解の際の溶存酸素量の低下に基づく斃死，および有毒な分解中間生物，例えば，アンモニアなどによる斃死も含まれるかも知れないが，養殖ハマチなどの斃死例では，単なる溶存酸素量の低下による，単純な窒息死であるという報告はみあたらない。従って前述した斃死因のなかの，3のA項は赤潮盛期における直接的斃死因とはなり得ない。次に，魚の側のガス交換機能の障害に関しては，前述した多くの実験結果から明らかなように，鰓もしくは呼吸運動の何等かの障害に起因することは事実である。Bの1)項，赤潮生物の存在によって起る魚の窒息点酸素分圧の上昇については，前述のように致死的には作用していない。Bの2項，水中の溶存炭酸ガスの増加，pH の上昇などによるガス交換機能の阻害については海産ミドリムシ赤潮中では溶存炭酸ガスはむしろ減少しており，同時に pH の上昇が起こっている。pH の上昇により，呼吸数などが変化することもあるが，通常の海産ミドリムシ赤潮中での pH は8.5～8.8程度で，この程度の pH では短時間で海産魚に致死的に作用しないことは1-2の実験1からも明らかであろう。生物濃度の高い培養プランクトン液の沪液，超音波破砕液，遠沈上澄液，枯死分解液等はいずれもハマチ，マダイなどの呼吸機能には致死的に作用せず，生きた海産ミドリムシを含む海水のみが魚に致死的に，窒息症状を呈する形で作用することが明らかとなった。

以上のように海産ミドリムシ赤潮による魚類の直接的斃死因は，3 −B−3) の赤潮生物の鰓に対する直接的な影響に基づくガス交換機能障害の可能性のみが残される。つぎに，これをさらに詳細に論議する。

○海産ミドリムシ赤潮の魚類の鰓に対する直接的な影響に基づくガス交換機能障害の機構について

海産ミドリムシ赤潮による魚類の斃死の状況にはいくつかの注目すべき特徴がある。例えば，海産ミドリムシ赤潮による狂奔，衰弱魚，および死直後の魚は，例外なく鰓表面が粘液様物で被われていることである。この粘液は多くの魚で通常みられる死後数分～十数分後の鰓上皮粘液細胞からの大量の粘液分泌とは異なり，赤潮海水中で緩慢に游泳，もしくは狂奔している魚にもみられる。この粘液様物は1-3の実験1，および2-2の実験からも明らかなように，海産ミドリムシ由来の粘性物質でないかと推察される。このような粘性物質の付着とそれに伴う鰓弁間のプランクトン崩壊物からなる固形物形成が，海産ミドリムシ赤潮による魚類の直接的斃死因となり得ると考えられる。２２の実験で観察された海産ミドリムシの粘液体放出，細胞崩壊物による鰓葉間の水の流通阻害こそ，斃死の主因ではなかろうか。４３の実験結果で明らかとなった，赤潮海水中のハマチの鰓に起こる沪水量の減少，および同一沪水量にもかかわらず赤潮海水中のハマチの酸素利用率の低下は，このことを実証するものであり，また赤潮海水中で実験的に斃死させたハマチの血液ガス含量が，通常の窒息時に起るそのレベルに近い値を示していることも，この考えを支持する。このような考え方は，漁場における魚類の斃死の状況のもう一つの特徴である，同一生簀内のハマチがほぼ全滅したにもかからず，マダイ，ウマズラハギなどは全滅をまぬがれた事実と関連する。すなわち，ハマチの鰓構造，呼吸様式，酸素要求量などの点からさらに次のような検討を加える。

ハマチ（体重約 700g，体長 33～35cm）の鰓構造は次の通りである。良く発達した口腔，鰓蓋腔内に4対の鰓弓を持ち，各鰓弓は鰓隔膜が著しく短縮したような状態で，隔壁のない２対の鰓葉からなり，各鰓葉には 50～70μ の間隙を持って多数の鰓弁が並んでいる。各鰓弁側面は，1mm 当り30～32個の鰓薄板を持つ[26]。呼吸運動は鰓蓋縁が発達しているので，游泳による呼吸以外にも鰓蓋運動による呼吸も行ない得る。このことは1—3 の実験のように，脊髄を切断した魚でも鰓蓋運動による呼吸のみで生存可能なことからも明らかである。吸水中の海産ミドリムシは 40×50～70μ の細い篩の中を一定の水圧（1cm～0.5cm H_2O）で通ることになろう[27]。海産ミドリムシの大きさは，70～130×30～60μ であり，鰓弁—鰓薄板による篩目を通る際には何等かの抵抗があるであろう。2-2 の実験で示したように，模型として用いた絹ネットの 95×95μ の篩さえも，速やかに透明な粘液様物で被われ，さらに細胞崩壊物によって目詰りを起こすに至る。ハマチの鰓の表面においても同様のことが起こり得るであろう。しかし，この場合は単なる目詰りにとどまらず，隣接する鰓弁間の粘着も起こるであろう。尾崎[27]も述べているように，上記のような鰓弁間の小さな呼吸篩を水が比較的低い水圧でも通過し得るのは，単位面積に多数の孔がある場合であって，その表面が粘性物質に被われ，さらに鰓葉の口腔側が細胞崩壊物からなる固形物によって閉塞されたならば，鰓薄板面の水の流通は容易に阻害されるであろう。難波ら[28]のコイを用いた実験において，コイでは鰓の 7/8 を切除しても生存し得るとしているが，小林[29]は血液ガス含量から，ハマチ（体重 800～1,000g，体長35～40cm）は水温 12～25°C で，動脈血中酸素飽和度が 86%，鰓における酸素回復率は，5.0 としており，コイ，ニジマスに比して，ハマチの鰓はガス交換の効率が悪く，低酸素に対する抵抗の余地が極めて小さいことを明らかにしている。鰓薄板面の水の流通阻害，沪水量の低下による鰓表面水中の急激な酸素低下，並びにそれに伴う血中酸素の欠乏によってハマチでは窒息が容易に起こり得るであろう。

また，ハマチはマダイに比し酸素要求量が２～３倍も多い魚であることも，ハマチが海産ミドリムシ赤潮に弱い理由の一つとなるであろう。その他，赤潮遭遇時の魚の行動も斃死に関係するものと思われる。例えばマダイ，ウマズラハギ，クロダイなどは赤潮海水中では静止しているのに対し，ハマチはむしろ活発に游泳する。このことは酸素要求量，沪水量などから考えてもハマチに非常に不利である。さらに洗滌運動の形，ガス交換の効率などが魚種により異なると思われるので，それが実際に漁場における斃死率の差として現われるかもしれない。しかし，マダイなどでも実際に漁場で斃死した例もあり，また，実験的にも海産ミドリムシによって斃死させることが出来るので，魚種による斃死率の差はあるにせよ，海産ミドリムシ赤潮の規模によっては全ての魚種が全滅する可能性も否定できない。

海産ミドリムシによる粘性物，固形物は清浄な海水中では，速やかに離脱する。このことは模型的に篩網に用いた沪水試験の際にしばしば経験するところであった。赤潮によって魚類が斃死するには絶えず一

定量以上の粘性物質の添加，付着，固形物の形成が鰓の表面で行なわれることが必要であろう。海産ミドリムシによる魚類の直接的な斃死因は，前述したように，海産ミドリムシそのものが非常に大きく，また，わずかな刺激に対し容易に粘性物放出，細胞崩壊を起こすことによる魚類の鰓葉表面被覆，および鰓弁間の閉塞に伴う，鰓薄板面の呼吸水の通過阻害に起因する外窒息であり，魚種による斃死率の差は魚種による呼吸機構並びに生態の差異に由来するものと思われる。さらに，赤潮時の水質変化などによる呼吸代謝機能の昂進が副因となり，魚の酸素要求が一層強くなるのに対し，それが果されず，魚類の斃死という被害をまねいているものと考える。

○被害防除の対策に関して

本研究によって明らかとなった海産ミドリムシ赤潮による魚類の直接的斃死因，斃死機構から導き出し得る被害防除の対策としては，生きた海産ミドリムシ（球形シスト状のものは除く）を数百個/m*l* 以下の濃度に押さえることが考えられる。つまり，海産ミドリムシによる「赤潮」状態を除くことにつきる。超音波などにより海産ミドリムシを死滅もしくは破砕する方法は不可能ではないが[30]，水温25°C で 1kg のハマチは毎時 100*l* の酸素飽和海水を必要とすることを考慮すると，非常に困難なことであることが解る（水温25°C におけるハマチの酸素消費量を 360ml/kg/時，酸素利用率を約60%，海水酸素飽和量を 6ml/*l* として計算）。従って，赤潮によると被害防除は，基本的には赤潮の発生を防ぐことにあり，赤潮発生の要因の一つ一つを除く努力が必要であるといわねばならない。

本研究は，多種の赤潮のなかの海産ミドリムシ赤潮による魚類の直接的な斃死機構のみを検討したにすぎない。他の多くの赤潮の魚類に対する影響，さらにまた，「赤潮」の間接的，副次的影響も非常に大きい。今後はこれらに対する研究も含めて，検討されることが必要であろうと考える。

要　　約

本研究は，昭和44年～47年，瀬戸内海において，養殖魚などに大被害をもたらした，海産ミドリムシ（*Hemieutreptia antiqua* Hada, *Eutreptilla sp.* 等）赤潮による魚類の直接的な斃死因，斃死機構を明らかにすることを目的とし，考え得る多くの斃死因，斃死機構について実験的に検討を加え，真の斃死因，斃死機構の把握に努めた。

実験は主として，培養海産ミドリムシとハマチ *Seriola quinqueradiata*，マダイ *Chrysophrys major* を用いて呼吸生理の面を中心に行なった。主な実験の結果は次のとおりである。

1．ハマチ，マダイ共に培養海産ミドリムシ海水中でも速やかに斃死に至る。

2．海産ミドリムシ培養沪液，枯死分解上澄液，破砕液などは，それらの液内飼育および腹腔内注射，血管注入によっても，ハマチ，マダイに対し致死的影響を与えない。

3．海産ミドリムシ海水中では，溶存酸素量が充分存在するにもかかわらず実験供試魚の動脈血中酸素ガス含量の著しい低下が認められ，また，呼吸水量が同一であっても，供試魚による酸素利用率も低下する。海産ミドリムシ海水による供試魚の血液性状の変化は，供試魚が窒息に陥っていることを示す。

4．海産ミドリムシ海水中で斃死に至った供試魚の鰓は粘性物質に被われ，しばしば鰓弁間に海産ミドリムシ細胞崩壊物からなる固形物が認められる。

5．海産ミドリムシによる海水の粘性の変化は非常に小さいが，篩網を用いた沪水試験において海産ミドリムシは，容易に粘性物質放出，組織崩壊を起こし，それらは網目を被い，沪水率の低下をもたらす。

以上の実験結果および漁場における海産ミドリムシ赤潮による被害の実態などから，本赤潮による魚類の直接的斃死因は，赤潮生物の鰓に対する物理的影響に基づく魚の側のガス交換機能の障害による急性の窒息性窒息である。具体的には，海産ミドリムシが鰓表面で粘性物質放出，細胞崩壊を起こし，それらが鰓全面を被うとともに鰓弁間に固形物を形成し，鰓薄板面の呼吸水の流通阻害を引き起こし，それにともない，魚は急激な窒息に陥ることが明らかとなった。

謝　　辞

本研究は，昭和46，47年度環境庁特別研究調達費によってなされたものである。研究の機会を与えて下さった関係各位に感謝する。

本研究を行なうに当り，研究の組立て，および研究項目について，種々の貴重な御助言をいただいた東京水産大学尾崎久雄教授に深謝する。また，電気生理の分野で御教示いただいた広島大学村地四郎教授，難波憲二教官，呼吸生理実験に関して御指導たまわった九州大学板沢助教授に厚くお礼を申し上げる。プランクトン培養その他でお世話になった広島県水産試験場，山口県内海水産試験場関係各位に感謝する。実験に際し御協力下さった曽我梶枝さん，八橋忠良氏，山元憲一氏，北川栄一氏，平井文樹氏，藤本真知子さん，高橋優氏，山本千裕氏に感謝する。

文　　献

1) 入江春彦，1970：赤潮，その歴史，地理および季節．海洋科学，2，399～402.
2) 岡本　勝，1973：瀬戸内海における赤潮発生状況と漁業被害．水産土木，9（1），49～57.
3) 小林　博，1973：赤潮現象による魚類斃死の生理学的考察．同誌，9(1)，37～47.
4) 木村知博，溝上昭男，橋本俊将，1973：漁業被害をもたらした広島湾の赤潮――その発生状況と発生環境．日本プランクトン学会誌，19（2），24～38.
5) 羽田良禾，1972：広島県沿岸水域の赤潮プランクトン(鞭毛虫類について)，28pp.，広島県水産試験場.
6) 広島県水産試験場，1971：昭和45年度指定調査研究総合助成事業．病害研究報告，4～10.
7) 長崎県水産試験場，1967：大村湾調査（赤潮調査），1～37.
8) 尾形英二，1970：新しい海藻培養液 SWM—III について．藻類，18（3），171～173.
9) 水産庁瀬戸内海漁業調整事務局，1973：昭和47年夏期東部瀬戸内海養殖はまち大量へい死事故の全容．1～51.
10) Iwasaki, H., 1961: The life-cycle of *porphyra tenera* in vitro. Biol. Bull., 12 (1), 173-187.
11) 難波憲二，村地四郎，河本真二，中野義久，1973：魚類の心電図に関する研究—I，心電図導出方法の検討．広島大学水畜産学部研究報告，12（2），147～154.
12) 高山晴義，1972：1969および1970年広島湾に発生したベン毛虫類について．広島県水産試験場研究報告，(3)，1～7.
13) 花岡　資，入江春彦，上野福三，飯塚昭二，岡市友利，岩崎英雄，1972：内湾赤潮の発生機構．水産研究叢書，23，105pp.，水産資源保護協会.
14) 花岡　資，1973：赤潮の発生機構．水産土木，9（1），1～5.
15) 村上一彰，1973：赤潮の発生環境．同上，1～5.
16) Sano, T., 1960: Haematological studies of the culture fishes in Japan. 4. Method from Cuverian duct. J. Tokyo Univ. Fish., 46, 89-90.
17) Steidinger, K. A., E. A. Joyce, Jr., 1973: Florida red tides. Florida Depart. of Nnat. Resour. Educational series, No. 17, 1-26.
18) Abbott, B. C., D. Ballantine, 1957: The toxin from *Gymnodinium veneficum* Ballantine. J. mar. biol. assoc., 36, 169-189.
19) Olson, T. A., 1953: Final report on research by University. Minesota for the chemical carps biologi-cal laboratories.

20) Matida. Y., S. Kimura, C. Yoshimuta, H. Kumada and E. Tokunaga, 1967: A toxic fresh-water alge, *Glenodinium gymnodinium* Penard, caused fish kills in artificially impounded lake Sagami. Bull. Fresh-water Fish. Res. Lab., 17 (2), 73-77.
21) Hashimoto. Y., T. Okaichi, L. D. Dang and T. Noguchi, 1968: Glenodinine, an ichthyotoxic substance produced by a dinoflagellate, *Peridinium polonicum*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34 (6), 528-534.
22) 井上晃男，岩崎英雄，浅川末三，1971：昭和46年度日本水産学会春季大会講演要旨.
23) 岡市友利，1972：夜光虫赤潮の毒性．海水利用学研究ノート II, 1～15.
24) 高山晴義，大内　晟，1972：ムカシウミミドリムシが水産生物に与える影響について，1) ハマチに及ぼすムカシウミミドリムシの影響．広島県水産試験場，（プリント）20～23.
25) 小林　博，西川昇平，1971：赤潮による被害要因の研究．内海水域の赤潮に関する総合研究報告書 139～185,（科学技術庁）.
26) 小林　博，市川和博，1970：海産漁類の鰓弁片密度に関する知見．水産大学校研究報告，19 (1), 29～34.
27) 尾崎久雄，1970：呼吸の生理．魚類生理学講座，2，緑書房.
28) 難波憲二，狩谷貞二，小林昭造，1971：コイ鰓弁切除の呼吸に及ぼす影響．日水誌，37 (4), 277～283.
29) 小林　博，1972：血液ガス含量からみたハマチの呼吸（予報）．昭和47年度日本水産学会秋季大会講演要旨　353.
30) 高山晴義，1973：赤潮プランクトンにおよぼす超音波の影響について．広島県水産試験場 研究報告, (4), 1-5.

Explanation of plate

Plate I.

Fig. 1. The normal shape of the red tide plankton, *Hemieutreptia antiqua* Hada.
Fig. 2. The initial stage of the cell releasing the mucous materials.
a: Spherical form without cyst membrane.
b: Mucous materials released from the celll.
Fig. 3. The final stage of the cell releasing the mucous materials.
a: Spherical formed cell.
b: Mucous materials.
Fig. 4. Collapse of the cyst.
Fig. 5. Meshes of silk net beginning to be covered with the transparent mucous.
Fig. 6. Meshes of silk net entirely covered with the mucoidal substances.
Fig. 7. The clot made in the meshes by the cell collapse.
Fig. 8. The transparent mucoidal substance and clot found between gill fillaments in the yellow tail.

Plate I

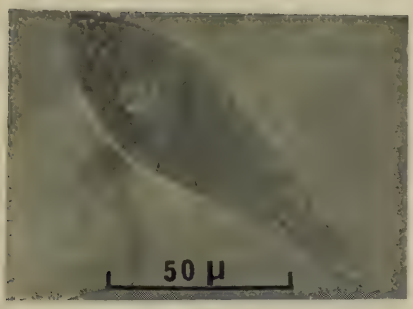


Fig. 1

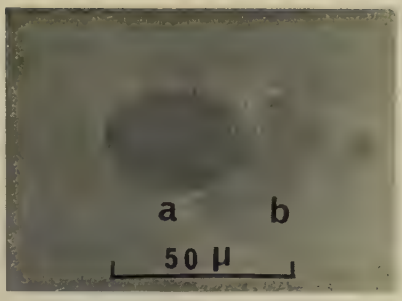


Fig. 2

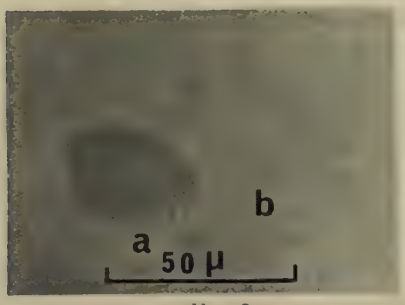


Fig. 3

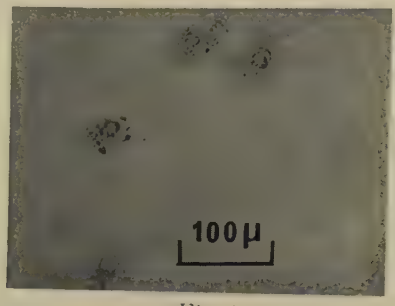


Fig. 4

Fig. 5

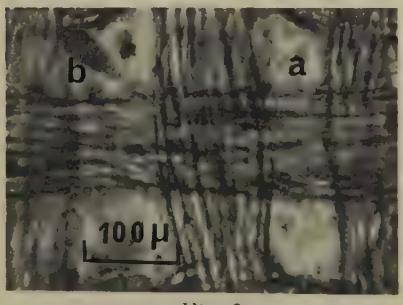


Fig. 6

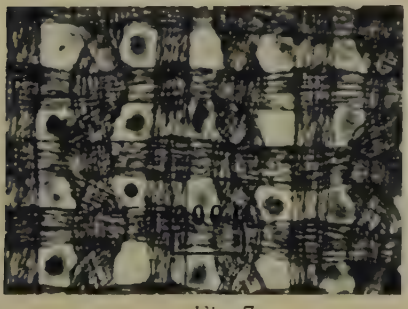


Fig. 7

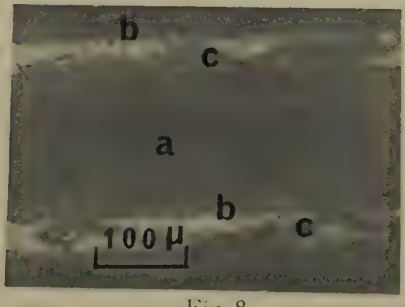


Fig. 8

Larvae and Early Postlarvae of a Shrimp, *Metapenaeus burkenroadi*, Reared in the Laboratory

Hiroshi Kurata and Vanitchkul Pusadee*

Shrimps of the family Penaeidae which support important commercial fisheries in the coastal blackish waters of western parts of Japan has been the subject of several biological studies. Kubo (1949) published a monograph on the taxonomy. Yasuda (1956), Maekawa (1961) and Ikematsu (1963) have contributed much of our knowledges on growth, spawning and migration of various species of penaeid shrimps. Unfortunately, however, none of these works covered the planktonic stage of their life history. This is mainly due to the great difficulties encountered in distinguishing larval stages of various species which occur together in the same general area. Apart from the comprehensive work of Hudinaga (1942) on *Penaeus japonicus* and of Hudinaga (1941) on the nauplius stages of two species of *Metapenaeus*, there has been until late 1960's no published descriptions of the larval and early postlarval stages of the penaeid shrimps from Japanese waters. Recently *Penaeus orientalis* (Kim, 1966; Oka, 1967), *Metapenaeus joyneri* (Lee and Lee, 1968) and *Penaeus latisulcatus* (Shokita, 1970) have been successfully reared from eggs in the labloratory in an attempt to develop a mass production method of seed shrimps and their larval stages were briefly described and illustrated. However, our knowledge on this subject is still far inadequate for the identification of plankton samples.

The present paper describes the larvae and early postlarvae of *Metapenaeus burkenroadi* Kubo, a penaeid shrimp of medium size of local importance in Tokyo Bay, Ise Bay, Seto Inland Sea, Sea of Ariake and Nanao Bay. The rearing experiments were done in July, 1968 at the laboratory of Fujinaga Shrimp Institute Foundation at Aiofutajima, Yamaguchi Prefecture. Greatest appreciations are extended to late Dr. Motosaku Fujinaga and the members of the Institute for their kind cooperations and permission of using facilities of the laboratory. Thanks are also due to Mr. T. Yatsuyanagi and Mr. T. Utsunomiya of the Fishery Seeds Production Center of the Yamaguchi Prefecture for their cooperations in securing mature females.

Materials and Methods

All the descriptions and figures, except later juveniles otherwise noted, are taken from specimens reared in the laboratory. The mature females were first removed from the regular commercial hauls of shrimp trawlers working offshore of Suo-Nada and brought to the laboratory. A few probably normal eggs could be obtained by this method. But none of the larvae hatched from these eggs survived beyond the protozoea. The reason may be attributable to the supprest activity of the females from

Recieved: April 1, 1974. Contribution No. 43 from Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.
* Marine Fisheries Laboratory, Department of Fisheries, Bankok, Thailand.

which these eggs are spawned. Fortunately, a single fully ripe female was scooped with a hand net on July 9 out of the resorvour pond of the laboratory. This female was quite vigorous and gave a large number of normal eggs at night of the same day it was transferred from the pond to a spawning aquarium. The larvae hatched from these eggs have been reared successfully as far as juvenile stage without any serious mortality.

Spawning took place in a plastic aquarium that contained about 600 liters of aerated sea water. The female was taken out of the aquarium after spawning and preserved for the closer identification. The larvae were then maintained in the same aquarium through metamorphosis until about 15 mm. in total length was reached when the experiment was terminated. Nutrient salts were added to the rearing water as soon as the successful hatching was observed to promote the growth of diatoms, which consisted mainly of *Skeletonema costatum* with admixture of various other species. Brine shrimp eggs were introduced for the post-protozoeal stages.

Average daily temperatures of the rearing water varied between 24.4 and 28.5°C. On fine days the water temperature reached as high as 34.3°C, since the aquarium was placed outdoors in the direct sun. Salinity was 28.51‰ at the beggining but rose to a maximum of 33.24‰ at the end of experiment.

Measurements were taken under a microscope with a micrometer eyepiece. Total length (T. L.) was taken from anterior end of body including rostrum when present to posterior end of telson less terminal spines, and carapace length (C. L.) from tip of rostrum to posterior mid-dorsal margin of carapace.

Description of Stages

Egg(Fig. 1, A)

Egg menbrane is spherical, 0.48 mm. in diameter. It is about 2.4 times as large as the diameter of embryonic menbrane, with a wide perivitelline space between the two menbranes. Egg menbrane reflects bright yellow color mixed with a little amount of red in early stages. The reflecting color changes to almost red just before hatching.

Nauplius (Fig. 1, B-H)

Body is pear shaped, a little deeper than wide with a small dorsal protuberance. Antennule is 2/3 or slightly less as long as body. Antenna is as long as or somewhat longer than antennule, exopod being about 1/3 times longer than its endopod. None of the setae on exopod are bifid terminally. Mandible is nearly 1/2 as long as antennule. Body is light brownish yellow as a whole. Tips of appendages are somewhat translucent. There are no distinct chromatophores.

Stage 1. T. L.=0.27 mm. All the setae on appendages are simple without setules. Hind end of body is roundly convex with a minute spine in the center and a pair of caudal spines. There are no rudiments of appendages posterior to mandible. Antennal exopod has 5 long setae, and endopod ends in 2 long and 1 rudimentary setae.

Stage 2. T.L.=0.29 mm. Hind end of body is somewhat flattened between caudal spines, which are still 1+1 in number but are now finely plumose. Long setae on appendages are also finely plumose. Rudiments of maxillule and maxilla are faintly seen under the skin. Exopod of antenna has 6 setae.

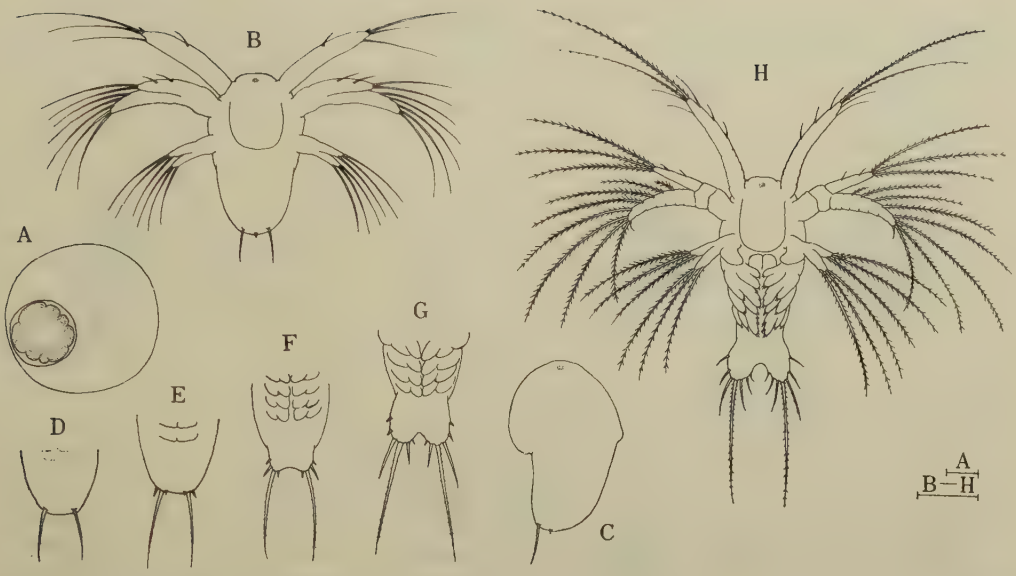


Fig. 1. A, egg. B-H, nauplius: B, stage 1, vetral; C, the same, lateral; D-G, stages 2–5, posterior body, ventral; H, stage 6, ventral. Scales denote 0.1 mm.

Stage 3. T.L.=0.31 mm. There are 3+3 caudal spines. Exopod of antenna has 7 setae. Base of mandible shows a slight swelling.

Stage 4. T.L.=0.33 mm. Posterior part of body is somewhat flattened dorso-ventrally. Hind end concave with 4+4 or 5+5 caudal spines. Antennal exopod has 8 setae, endopod ending in 3 long setae. Rudiments of labium and four pairs of appendages posterior to mandible are seen under skin. Basal swelling of mandible is distinct.

Stage 5. T.L.=0.36 mm. Body is divided into anterior and posterior parts by a shallow, incomplete transverse dorsal furrow. There are 6+6 caudal spines. Segmentation of antennule and antenna is indicated. Antennal exopod has 9 setae. Limb buds are large and free from the body but has no setae.

Stage 6. T.L.=0.42 mm. There are 7+7 caudal spines. Spine 4 is the longest and about 2/3 as long as body. Antennal exopod has 9 or 10 setae. Limb buds are greatly enlarged with rudimentary setae.

Zoea (Protozoea, Fig. 2)

As has been well known, the first three post-naupliar stages of a penaeid shrimp has structures so markedly different from the rest of the larval stages. This phase has usually been called as protozoea because "it preserved a memory of a pre-decapod ancestry" (Gurney, 1942). Gurney regarded it as a distinct phase from the succeeding zoea mainly because it retained an antennal locomotion. Strictly speaking, however, protozoea has setose and functional exopods on the first two pairs of thoracic appendages. These exopods may be used for locomotion in addition to antennae. This fact was ignored by Gurney. It seems logical to consider that the thoracic propulsion is acquired in the first protozoea. In this sense I agree with Williamson

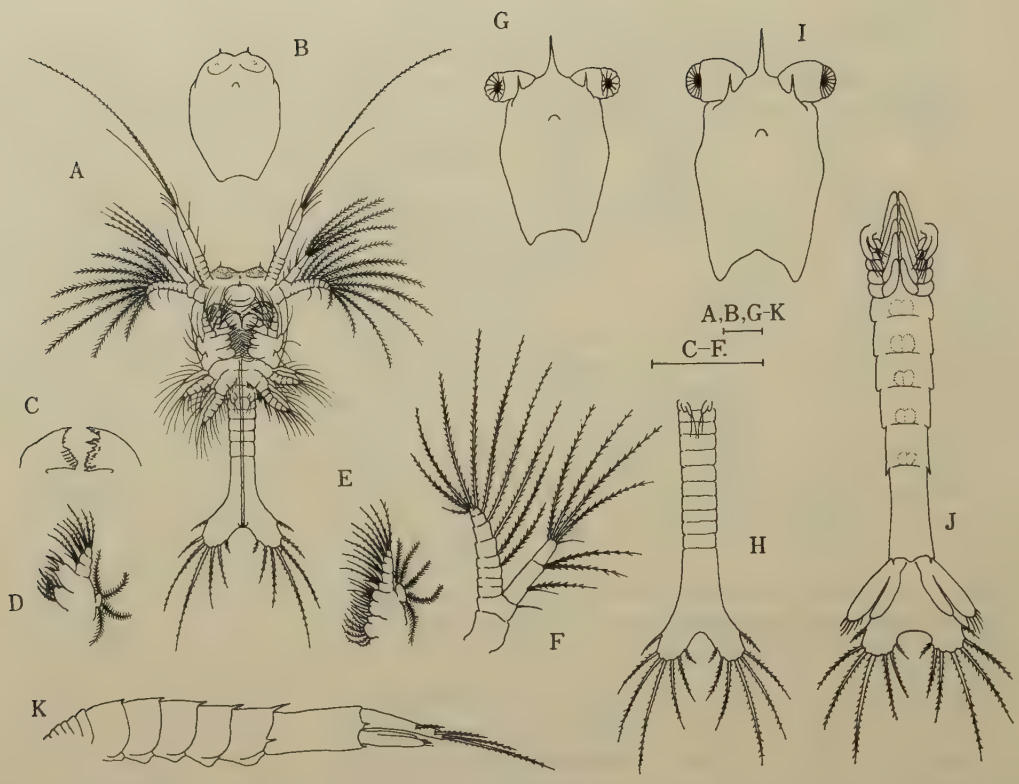


Fig. 2. Protozoeae. A-F, stage 1; A, ventral; B, carapace, dorsal; C, mandible; D, maxillule; E, maxilla; F, antenna. G, H, stage 2: G, carapace, dorsal, H, abdomen, ventral. I-K, stage 3: I, carapace, dorsal; J, abdomen, ventral; K, the same, lateral. Scales denote 0.1 mm.

(1969) to include protozoea within the zoea phase.

Carapace has an inconspicuous dorsal protuberance and smooth ventral margins. Rostrum appears from stage 2, pointed and smooth, and about 1/5 as long as the rest of carapace. A pair of supraorbital spines present from stage 1, but no antennals nor pterygostomians. Eye papilla (frontal organ) is distinct at the fronto-ventral edge of eyestalk. Last 6 thoracic somites are free from carapace. Telson is 2.5 times as wide as its base. Central indentation on the hind margin is moderately wide and deep. The number of telson spines is 7+7 in all stages, all inserted marginally. Labrum has a distinct spine directing forward on the anterior edge.

Antennule is from 2/3 (in stage 1) to 1/2 (in stage 3) as long as carapace less rostrum, it is composed of 3 segments of which the first is subdivided into 5 segments, except in stage 3 in which it is not subdivided, and nearly as long as the second, the terminal segment is about 3/4 as long as the first and bears 1 long and 2 medium terminal setae in addition to aesthetascs. Antenna is somewhat shorter than antennule. Its endopod is about 4/5 as long as the exopod. Number of setae on the inner edge is 1 at distal end of protopod, 2 each at half way up and distal end of proximal segment. There are 4 long and 1 short setae at tip of distal segment. Exopod bears 10 setae around inner and apical margins and 1 outer seta each on segments 3 and 5.

Mandible has no palp, cutting and grinding portions well diferentiated with several spinous teeth along the cutting edge. Endopod of maxillule is of 3 segments with 3, 2 and 4 setae on the first, second and terminal segment respectively, that of maxilla is of 5 segments of which the third and the fourth partly fused together with 4, 2, 2, 2 and 3 setae. There is a small exopod on both maxillule and maxilla with 4 and 5 long plumose setae respectively.

First two pairs of maxillipeds are well developed. Their endopods are of 4 segments and distinctly longer than respective exopod. Maxilliped 3 is small, biramous and unsegmented in all stages, bearing a few setae from stage 1. The remaining thoracic appendages appear in stage 3 as rudiments.

There are brown color along the nervous system, red on cephalothoracic appendages and yellow green on abdominal appendages.

Stage 1. C.L.=0.36 mm., T.L.=0.81 mm. Eyes are sessile. Supraorbital spine projects as a short, needle like process from just inside of the eye papilla on either side. All the thoracic somites are segmented but all the abdominal somites and telson are fused together. Combined length of abdomen and telson is about 1.3 times the width of telson. Maxilliped 3 is small, slightly divided into two rami with 2 setae on exopod.

Stage 2. C.L.=0.59 mm., T.L.=1.27 mm. Eyes are free from carapace. Abdominal somites 1–5 are segmented. Combined length of somite 6 and telson is about 1.2 times the width of telson.

Stage 3. C.L.=0.66 mm., T.L.=1.69 mm. Abdominal somite 6 is segmented off from telson and as long as or slightly longer than the latter. Telson is somewhat wider than long. Uropod is free but unsegmented with 2 short setae on endopod and several plumose setae on exopod. It is distinctly shorter than telson. There is a dorsomedian spine each on abdominal somites 1–5 in a progressive order of dominance from anterior backward, a pair of lateral spines on somite 5 and 6, and a pair of ventrolateral spines on somite 6. There is an anal spine. First segment of antennule is no longer subdivided. Maxilliped 3 is distinctly biramous with 3–4 setae each on exopod and endopod.

Zoea (Zoea, Fig. 3)

Carapace now covers all the thoracic somites and is provided with supraorbital, antennal and pterygostomian spines. Antennal spine, though small, remains distinct in all stages while supraorbitals and pterygostomians disappear from stage 5 and 6 respectively. Hepatic spine appears in atage 5. Rostrum is short, straight and smooth reaching behind tip of eye, with a dorsal tooth from stage 5. There is a small dorsal spine on abdominal somites 5 and 6 in all stages. Somite 6 has a pair of ventrolateral spines. No other spines nor carinae are present on abdomen. There is an anal spine. Telson has 7+7 spines in all stages. Spine on labrum is distinct as in protozoea.

Antennule on either side is set widely apart each other at base. First peduncular segment has a ventro-median spine and, from stage 6, a distal outer spine. Antennal exopod is rather broad, it is somewhat wider distally and about 1/4 as wide as long with an apical spine from stage 5. Mandible is as in protozoea except presence of palp appearing in stage 4. Exopod of maxillule still remains in stage 4 but disappears in stage 5, while that of maxilla greatly expands both distally and proximally with an increasing number of plumose setae as the stage proceeds.

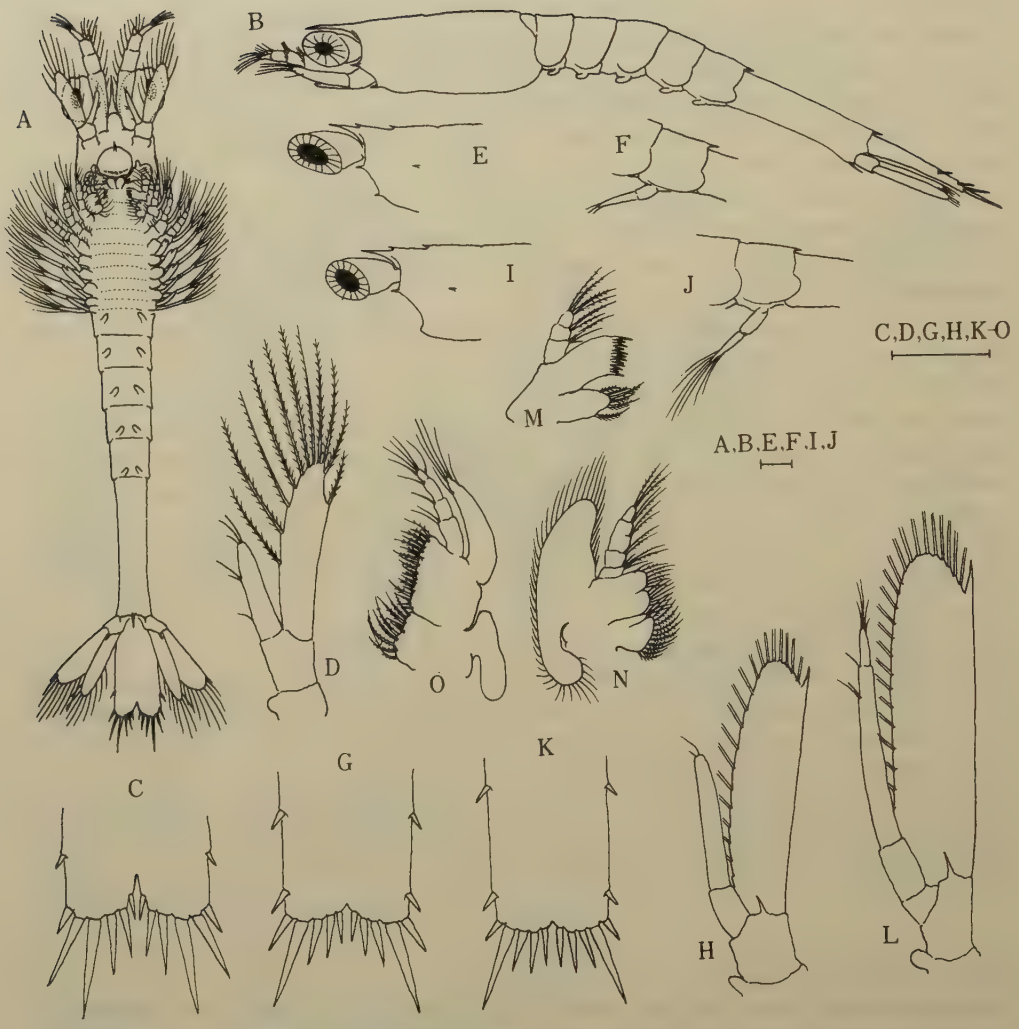


Fig. 3. Zoeae. A-D, stage 4: A, ventral; B, lateral; C, end of telson, dorsal, D, antenna. E-H, stage 5: E, carapace, lateral; F, somite 5 and its pleopod; G, end of telson; H, antenna. I-O, stage 6: I, carapace, lateral; J, somite 5 and its pleopod; K, end of telson, dorsal; L, antenna; M, maxillule; N, maxilla; O, maxilliped 1. Scales denote 0.1 mm.

All the thoracic appendages are biramous and well developed. Protopod of maxilliped 1 is flattened. Maxilliped 3 is longer than the preceeding two pairs. Setation of exopod tends to be limited to terminal margin in maxillipeds 2 and 3 while in maxilliped 1 there is a seta on proximal outer margin. In stage 1 endopod of legs are unsegmented and nearly as long as or slightly longer than their exopods. Pleopods appear in stage 5 and more or less setose in stage 6. There are no endopods of pleopods in all stages.

Stage 4. C.L.=0.71 mm., T.L.=2.13 mm. Rostrum almost reaches tip of eye. It is about 1/4 as long as the rest of carapace. There is an antennal and pterygostomian

spines but no hepatics. Supraorbitals are present or absent. Telson is somewhat wider posteriorly, about 1/2 as wide as long and 2/3 as long as somite 6. Spine 2 is terminal. Central indentation on the hind margin is moderately wide and deep ending a little behind the first telson spine. Antennule exceeds eye by its distal 2 segments and flagella. The inner flagellum is very small, the outer with 1 group of aesthetascs. Stylocerite is just indicated and not pointed. Antennal exopod slightly exceeds eye without an apical spine. Endopod is a little more than 1/2 as long as exopod and unsegmented with several remnants of setae. Mandible has a small palp without setae. Endopod of legs are unsegmented, those of legs 1–3 have longitudinal apical furrows indicating developing chelae. Pleopods are very small. There are no gills.

Stage 5. C.L.=0.73 mm., T.L.=2.57 mm. There appears a hepatic spine while supraorbitals disappear. Rostrum becomes considerably shorter in proportion to the rest of carapace, reaching middle of eye with a dorsal tooth. Epigastric spine rarely present. Telson is parallel sided, about 1/3 as wide as long and 3/4 as long as somite 6. Spine 2 moves up to lateral margin. Central indentation on the hind margin becomes inconspicuous ending behind spine 2. Outer flagellum of antennule has 2 groups of aesthetascs. Stylocerite is pointed. Antennal exopod is provided with an apical spine which is exceeded by somewhat acutely rounded tip of blade. Endopod is about 2/3 as long as exopod with a basal joint. Palp of mandible is large with a few setae but unsegmented. Exopod of maxillule disappears. Endopod of legs 1–5 are fully segmented and are distinctly longer than their exopods. Chelae are formed. Pleopods are long and segmented but rarely setose. Maxilliped 1 has a mastigobranch.

Stage 6. C.L.=0.78 mm., T.L.=2.82 mm. There is an epigastric spine. Pterygostomian angle is rounded. Telson is somewhat narrower posteriorly, about 1/3 as wide as long. Central indentation on the hind margin is only slightly indicated. Outer flagellum of antennule is rarely divided into 2 segments, bearing 3 groups of aesthetascs. Inner flagellum is slightly longer than the outer. Antennal endopod is a little shorter than exopod with 1, or sometimes 2, distal joints. Palp of mandible is of 2 segments with many plumose setae. Endopod of legs are by far longer than their exopods. Pleopods are long with several setae. Buds of arthrobranch appear on maxilliped 3 and legs 1–4.

Megalopa (Fig. 4)

Megalopa has not usually been recognized in the larval development of a penaeid shrimp. The immediate post-zoeal stage is commonly known as the first post-larva. It has long been known, however, that the so called postlarvae of a first few stages are a member of oceanic plankton (Pearson, 1936), and show strictly pelagic rather than benthic habit in the culture aquaria (Hudinaga, 1942). Thus, the young shrimp of this phase retains larval characters in the mode of life while resembles juvenile in general structures. The equivalent phase in other decapod crustaceans is very distinct in structures and receives special names: *viz, puerulus* in Palinurid lobster, *glaucothoe* in Anomura and *megalopa* in Brachyura. These are regarded as a larva rather than adult (Williamson, 1969). In every instances so far examined in various decapods the stage when the young animals adopt a benthic existence in their respective habitat is toward the end of this phase. Thus puerulus, glaucothoe or megalopae which are brought to the laboratory from their natural habitats usually

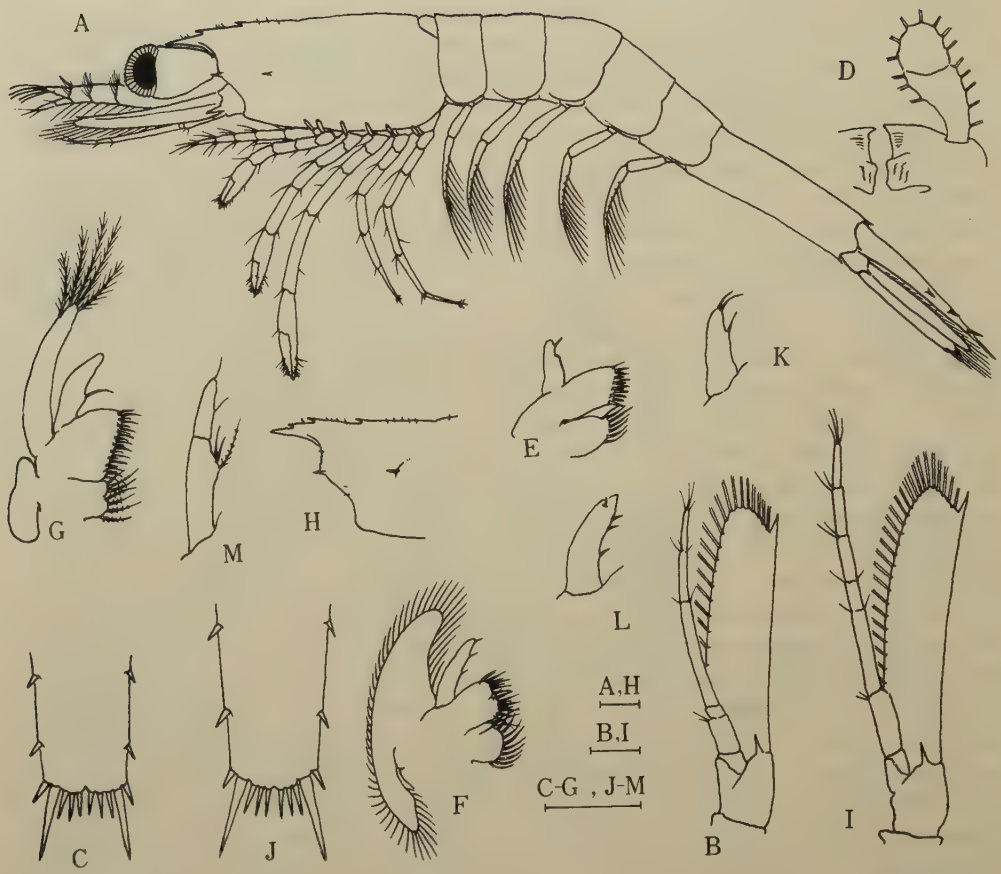


Fig. 4. Megalopae. A-G, stage 1: A, lateral; B, antenna; C, end of telson; D, mandible; E, maxillule; F, maxilla; G, maxilliped 1. H-M, stage 2: H, carapace, lateral; I, antenna; J,end of telson; K, endopod of maxillule; L, endopod of maxilla; M, endopod of maxilliped 1. Scales denote 0.1 mm.

molt into natant young stage in a few days. I would like to adopt the name "megalopa" after Williamson (1969) to denote this phase of transition in the normal development of a penaeid shrimp even if there are no major morphological distinctions from subsequent juvenile.

Megalopa of *M. burkenroadi* may be characterized as a phase when the degeneration of larval structures and the construction of the adult structures occurring at the same time. Within the larval structures which degenerate are included the spines on the first antennular peduncle, on labrum, on abdominal somite 5, on uropod peduncle and in front of the anus. Adult structures which develop are the gills and epipods among others. A temporary degeneration of certain of the mouth parts is also observed. This is a common phenomenon prevailing among the larvae of the transitional phase of most, if not all, decapod crustaceans.

It is true that the post-zoeal change in structures is so gradual that the distinction between megalopa and subsequent juvenile phase is not very clear from morphological

evidences alone. Thus, by habit rather than by structures megalopa may well be defined. Number of stages in megalopa, accordingly, is by no means certain. However, when it is admitted that the stage when the shrimp transfer from planktonic to benthic existence is toward the end of megalopa, the size and structures of the minimum size group of shrimp found on the intertidal mud flat where *M. burkenroadi* is believed to adopt benthic existence for the first time in its life history will give a valuable information to define the end of megalopa and the commencement of juvenile phase. Extensive surveys were made during summers of 1970–72 on the intertidal areas of the Seto Inland Sea and a number of *Metapenaeus* juveniles were collected. They were sorted into 3 species: *M. joyneri*, *M. ensis* and *M. burkenroadi*, commonly found in this water. The minimum size of *M. burkenroadi* were 1.08 mm. in carapace length or 3.5 mm. in total length. The size and the structures of this specimen is quite comparable to those of the second post-zoeal stage reared in the laboratory. Perason (1939) states that *Penaeus setiferus* "normally passes the first and part of the second postlarval stage at sea prior to adopting a demersal habitat in shallow, muddy estuarine bays and rivers." Menon (1951), studying on the life history of *Metapenaeus dobsoni* in Indian waters, found that the postlarva older than the first stage were absent from plankton and presumed that "they go down soon after the moult into the second stage and adopt the bottom living habit." In our sample of *M. burkenroadi* taken from intertidal mud flats the minimum size group was represented by a very few specimen while many specimen were found belonging to the immediate larger size group, 1.3–1.6 mm. in carapace length. The size range and structures of this group agree well with those of the third post-zoeal stage reared in the laboratory. There is, therefore, considerable justifications for supporting that the first two post-zoeal stages may be regarded as megalopa in *M. burkenroadi*.

Rostrum is short, hardly reaching cornea of eye with 1–3 dorsal teeth plus epigastric. The first dorsal tooth is almost level with the postrior corner of the eyesocket. Carapace has an antennal and a hepatic spine, its margins are otherwise smooth without carinae nor grooves. There is a stout spine between the leg 4, directing forward. Hind margin of abdominal somite 5 indented in the center for the reception of dorsal carina of somite 6 with a minute vestige of dorso-median spine in stage 1 and, in some specimens, also in stage 2. Somite 6 is more or less longer than telson with a dorsal carina extending almost its entire length and ending postriorly in an acute spine. Telson slightly tapers with 7+7 spines. The spines 1 and 2 are on the lateral edge and spine 4 is by far the longest of all. Hind margin is roundly convex with or without a small central indentation. There remains an anal spine, the ventro-terminal spine on uropod peduncle and a mid-ventral spine on the first peduncular segment of antennule. Prosartema is absent. Antennal scale is almost parallel sided with an apical spine ending behind tip of blade, the later reaching the tip of antennular peduncle or only slightly beyond it. The labral spine becomes blunt and inconspicuous. Mandible is robust but smooth without spinous teeth along masticatory edges. It looks more suitable for grinding than for cutting. Palp of 2 segments becomes enlarged and fringed with many setae. Endopod of maxillule, maxilla and maxilliped 1 become unsegmented with a few rudimentary setae in stage 1, that of maxillule having no setae on proximal outer margin. Endopod of maxilliped 2 distinctly bent on itself with many strong spines and setae along its inner, morphologically outer, margin.

Endopods of maxilliped 3 and legs 1–5 become quite firm and rigid, chelae and claws being fully formed. Vestiges of exopod without setae remain on maxillipeds 2 and 3 and legs 1–5. They begin to develop again from stage 2 except those of legs 4 and 5. Leg 1 usually has a basial spine but ischial spine of leg 1 and basial spines on legs 2 and 3 are somewhat irregular in appearence. Leg 5 is about 1/5 longer than leg 4. There are no epipod on any of the thoracic appendages. Pleopods have no endopods. Arrangement of gills is shown in Table 1. They are budlike and simple in stage 1 and begin to foliate from stage 2.

Table 1. Arrangement of gills in the megalopa.

Appendage		Podobranch	Arthrobranch	Pleurobranch
Maxilliped	1	m	0	0
	2	1	1	0
	3	0	2	0
Leg	1	0	2	0
	2	0	2	0
	3	0	2	0
	4	0	1	0
	5	0	0	0

Stage 1. C.L.=0.81—0.92 mm., T.L.=2.8—3.2 mm. Rostrum has 1 dorsal tooth plus epigastric. Telson is 3/4 as long as somite 6. The hind margin is slightly convex with a minute indentation in the center. Both inner and outer flagella of antennule are of 2 segments. The antennal flagellum is nearly as long as or a little shorter than the scale with 2 distal joints. The scale is almost parallel sided and about 1/4 as wide as long.

Stage 2. C.L.=0.95—1.04 mm., T.L.=3.3—3.6 mm. Rostrum has 2 or sometimes 3 dorsal teeth plus epigastric. Telson is about 4/5 as long as somite 6. Hind margin of telson distinctly convex without central indentation nor median spinous process. The antennal flagellum, with 4–5 distal joints, is longer than scale by its terminal joint. Endopod of maxillule has 1 subterminal and 2 terminal spinous setae, that of maxilla 3 inner and 1 subterminal outer spines which are all very small. Endopod of maxilliped 1 is of 2 segments with 3 subterminal inner spines on proximal segment, and 1 inner and 1 terminal setae on distal segment. Exopods of maxillipeds are more or less developed with several setae and that of leg 5 is still rudimentary in all specimens examined, while those of legs 1–4 are somewhat irregular in development. Presence of basial spines on legs 1–3 is also inconsistent. No ischial spine is observed on leg 1.

Juvenile (Figs. 5 and 6)

In early stages of juvenile certain of the larval structures of minor importance may still be retained, while on the other hand adult structures a not yet fully formed. It should be supposed that the reconstruction of structures is still going on for a while after the adoption of benthic existence. The stages of juvenile phase may be defined somewhat arbitrarily according to the size and morphological characteristics.

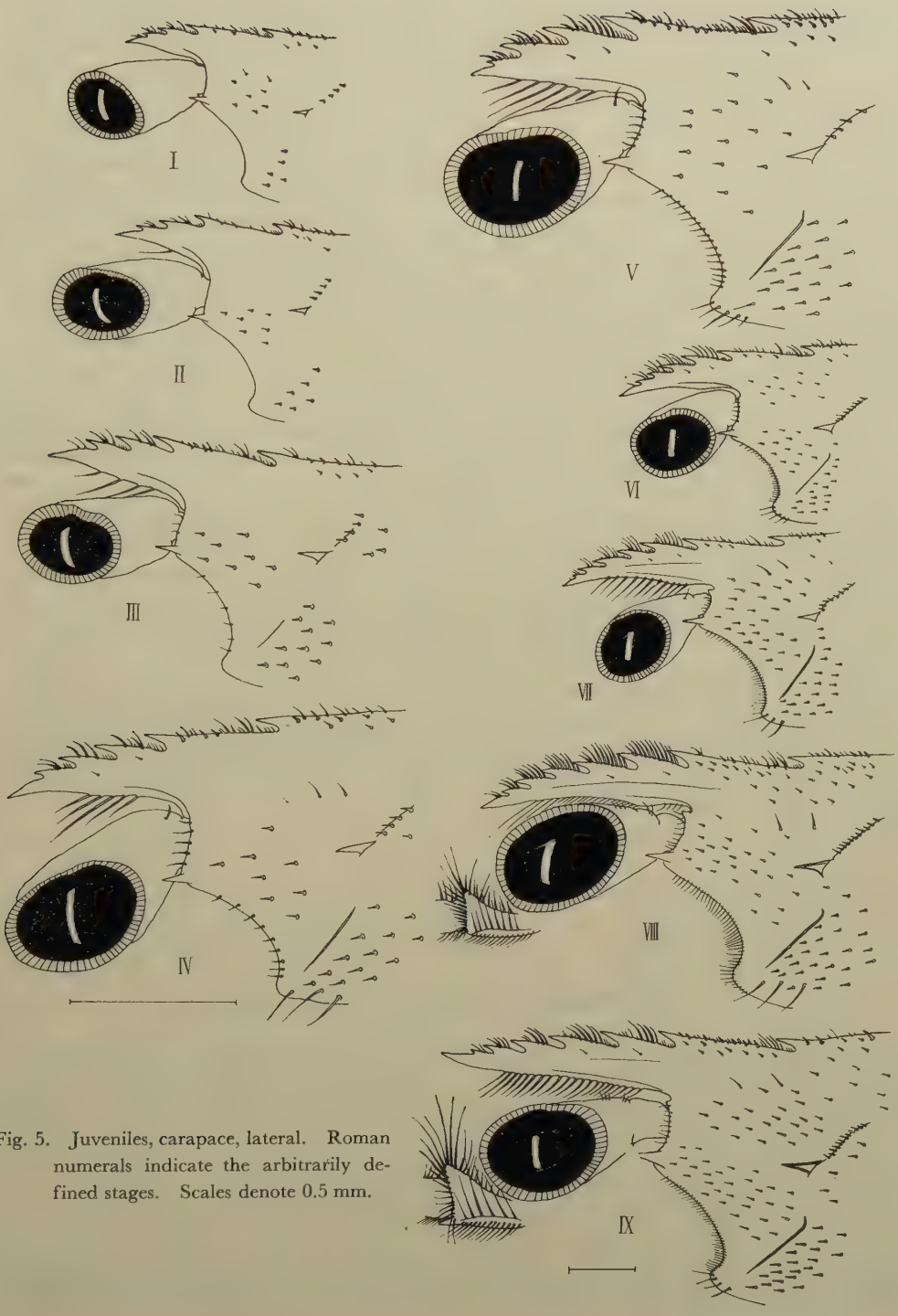


Fig. 5. Juveniles, carapace, lateral. Roman numerals indicate the arbitrarily defined stages. Scales denote 0.5 mm.

Rostrum is almost straight. It is shorter than eye and about 1/4 or 1/3 as long as the rest of carapace in early stages, but becomes longer than eye and about 2/5 as long as the rest of carapace from stage 7. Dorsal teeth deminish in size from posterior forward, and the first is almost level or slightly anterior to the postrior corner of eyesocket (Fig. 5). Hepatic carina may be seen faintly from stage 3 and becomes distinct from stage 4. It runs obliquely down from under the base of the hepatic spine right toward the pterygostomian corner. It bends anteriorly near its posterior upper end, but the rest of its length is almost straight. Cervical carina is also distinct from stage 4, straight and almost as prominent as but a little shorter than hepatic carina, accompanied by a row of spinules, and almost parallel to the straight part of hepatic carina. Abdominal somite 5 may still retain a vestige of median dorsal spine at the hind end in stage 1. Dorsal carina becomes distinct from stage 3. Somite 6 is nearly as long as or slightly longer than telson. Telson gradually assumes adult structures (Fig. 6). The hind end between spine 4 gradually protrudes into a triangular process and the telson eventually becomes cuneiform as a whole. Spines 5–7 are always nearly of the same length and disappear in stage 6 in which spine 4 is still by far the longest and not exceeded by the central process. Examinations of wild specimens showed that certain of the telson spines may be retained until the carapace length reaches 7 mm (25mm. in T.L.). Small vestige of anal spine may be retained until stage 3, and that of ventro-terminal spine of uropod peduncle until stage 4. Prosartema begins to develop from stage 5 while the vestige of midventral spine on the first peduncular segment may be retained until stage 6. Antennal scale is more or less wider proximally, extending forward slightly beyond the tip of antennular peduncle.

Mouth parts gradually assume adult structures at each molt. From stage 2 endopod of maxillule has a proximal outgrowth fringed with setae, and that of maxilla has a lamellar expansion on the outer edge at about halfway up. Endopod of maxilliped 1 is of 2 segments in stage 1, 3 segments in stage 2, and 4 segments and becomes longer than its exopod from stage 5.

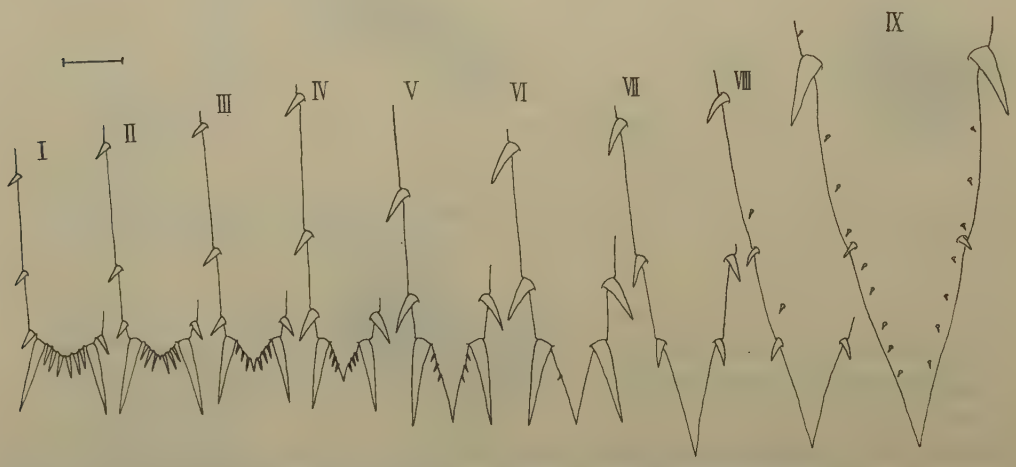


Fig. 6. Juveniles, telson, dorsal. Setae are not shown. Roman numerals indicate the arbitrarily defined stages. Scale denotes 0.1 mm.

Presence of basial and ischial spines on leg 1 and basial spines on legs 2 and 3 is still irregular in early stages but from stage 3 all of these spines are distinct in all specimens examined. Maxillipeds 1–3 and legs 1-5 bear short but setose exopods. Exopods of legs 4 and 5 are usually smaller and less setose than in the preceeding legs and may be rudimentary in an early few stages. Exopod of leg 5, which will eventually be lost in the adult, becomes longer and even setose keeping pace with that of leg 4 during at least early juvenile stages. It is retained as late as stage 8.

Endopods of pleopods 1 -5 appear at the same time in stage 5 and those of pleopods 3–5 become setose from stage 6.

Rudiments of epipod appear on maxilliped 2 and legs 1–3 in stage 1 and grow rapidly as the stage proceeds. Epipod of maxilliped 2 is earlier in development than those of posterior limbs, and setose from stage 2, while those of legs 1–3 become setose from stage 3. All but one gills are distinct from stage 4 and more or less foliate from stage 6. An arthrobranch of radial structure at the base of maxilliped 1 is late in appearence. The minimum juvenile in which it is distinct is 16 mm. in total length.

Approximate ranges of carapace length and certain of the distinguishing characters of arbitrarily defined juvenile stage are summarized in Table 2.

Table 2. Approximate ranges of size and certain of the distinguishing characters for juvenile stages.

Stage	Approx. C. L., mm.	No. of segment of antennular flagella		No. of dorsal spine on rostrum less epigastric	Length of antennal flagellum/scale
		Inner	Outer		
1	1.1–1.3	2	3	2–3	1.2
2	1.3–1.6	2	3	3	1.3
3	1.7–1.9	2–3	3	3	1.4
4	1.9–2.3	3	3	4	1.8
5	2.4–2.7	3–4	5–6	4	1.8–2.0
6	2.8–3.5	5	6–7	5	2.0–2.5
7	3.8–4.2	8	9	5	2.8–3.2
8	4.6–5.0	9	10	6	4.5
9	5.4–6.0	9	11	6–7	5.0

Chronology of Larval Development

In this study the eggs were spawned at night of July 19 and hatched the following about noon. The protozoea was first noted in the early morning of July 22. The number of days after spawning when the indicated stages were first noted are listed in Table 3.

Discussion

In *Metapenaeus stebbingi* and *M. dobsoni* Gurney (1927) and Menon (1951) found only 3 naupliar stages based on the samples taken from plankton. However, 6 naupliar stages were usually found in *M. ensis* and *M. burkenroadi* (Hudinaga, 1941) and

Table 3. Chronology of larval development in *M. burkenroadi*

Stage		Date	No. of days after spawning
Zoea (Protozoea)	1	7/22	3
	2	7/23	4
	3	7/24	5
Zoea (Zoea)	4	7/26	7
	5	7/27	8
	6	7/29	10
Megalopa	1	8/ 2	14
	2	8/ 6	18

M. joyneri (Lee and Lee, 1968) when they were reared from eggs in the laboratory. In other genera of penaeid shrimps also 5–6 naupliar stages were usually observed as in *Penaeus* (Pearson, 1939; Hudinaga, 1942; Dobkin, 1961; Kim, 1966; Shokita, 1970), in *Trachypenaeus* (Pearson, 1939) in *Xiphopenaeus* (Renfro and Cook, 1962; Kurata, 1970) and in *Sicyonia* (Pearson, 1939; Cook and Murphy, 1965).

The setation along the inner edge of antennal endopod has successfully been used by Cook (1967) as a distinguishing character of protozoeae of different penaeid genera. In this respect protozoea of *M. burkenroadi*, having 1+2+2 setae, agrees with that of *Parapenaeus*, from which it is different in comparatively longer antennule and wider telson. The same setation has also been observed in *M. enesis* protozoea (Kurata and Pusadee, in preparation). This character, therefore, may be considered as generic for *Metapenaeus* protozoeae. Menon (1961), however, reported a different setation in the protozoea of *M. dobsoni* from Indian waters. His materials were obtained only from plankton and the setation was 0+2+2, which agrees with that of *Trachypenaeus* protozoea according to the Cook's key. *T. curvirostris* (Stimpson) is reported by Racek and Dall (1965) to be rather common in the waters from which Menon obtained his materials. Lee and Lee (1968) was successful in rearing *M. joyneri* larvae from eggs spawned from known females in the laboratory. Unfortunately, however, this character was not referred to and the illustrations are inadequate in their paper.

Zoea of *M. burkenroadi* agrees well with that of *M. dobsoni* described by Menon (1961) in general structures with the exception of the number of telson spines in stage 1. It is 8+8 in *M. dobsoni*, while 7+7 in *M. burkenroadi*. The number of these spines in *M. dobsoni* is reported to decrease to 7+7 in stage 2 and 3, while in *M. burkenroadi* it does not change through zoea phase. It seems rather unusual for the penaeid zoeae that the number of telson spines decrease in stage 2, though the reverse may sometimes be observed as in *Xiphopenaeus kroyeri* (Kurata, 1970).

Summary

Larval and early postlarval stages of *Metapenaeus burkenroadi* Kubo reared from

eggs spawned in the laboratory are described and illustrated. Megalopa phase was established in the normal development of a penaeid shrimp. This is a transitional phase between planktonic zoea and benthic juvenile during which reconstructions of various body parts occurs, and the bottom living habit is adopted toward the end.

Six stages in the nauplius, six stages in the zoea including protozoea and 2 stages in the megalopa were recognized. The larvae developed to megalopa stage 2 in 18 days at temperatures of 24.4–28.5°C and salinities of 28.51–33.24‰ in the laboratory.

References

1) Cook, H. L., 1965: A generic key to the protozoean, mysis and post-larval stages of the littoral Penaeidae of the northern Gulf of Mexico. *U. S. Fish. Wildl. Serv., Fish. Bull.* **65** (2), 437–447.
2) Cook, H. L. and M. A. Murphy, 1965: Early developmental stages of the rock shrimp, *Sicyonia brevirostris* Stimpson, reared in the laboratory. *Tul. Stud. Zool.* **12** (4), 109–127.
3) Dobkin, S., 1961: Early developmental stages of pink shrimp, *Penaeus duorarum* from Florida waters. *U. S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull.* **61**, 321–346.
4) Gurney, R., 1927: Zoological results of the Cambridge Expedition to the Suez Canal. XV, Report on the larvae of the Crustacea Decapoda. *Trans. Zool. Soc. Lond.* **22** (2), 231–286.
5) Gurney, R., 1942: Larvae of decapod Crustacea. Ray Soc. London.
6) Hudinaga, M., 1942: Nauplius stages of *Metapenaeus monoceros* and *M. affinis*. *Suisan Gakkaiho*, **8**, 282–287 (In Japanese).
7) Hudinaga, M., 1942: Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. *Jap. Jour. Zool.* **10**, 305–393.
8) Ikematsu, W., 1963: Ecological studies on the fauna of Macrura and Mysidacea in the Ariake Sea. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* **30**, 1–124 (In Japanese wits English Summary).
9) Kim, K. D., 1966: Studies on the development of *Penaeus orientalis* Kishinouye. *POK Culture Farm, Chung Chong Nando, Korea*, 7 pp.
10) Kubo, I., 1949: Studies on the penaeids of Japanese and its adjacent waters. *Jour. Tokyo Coll. Fish.* **36**, 1–467.
11) Kurata, H., 1970: Larvae of decapod Crustacea of Georgia. In Studies on the Life Histories of decapod Crustacea of Georgia. Part III, 122–274, 105 pl, Marine Institute, University of Georgia.
12) Lee, B. D. and T. Y. Lee, 1968: Larval development of the penaeidean shrimp, *Metapenaeus joyneri* (Miers). *Publ. Haewundae Mar. Lab.* **1**, 1–18.
13) Maekawa, K., 1961: Studies on the management and improvement of fisheries in the Seto Inland Sea with special reference to coastal waters of Yamaguchi Prefecture. *Res. Rept. Yamaguchi Pref. Inland Sea Fish. Exp. Station* **11** (1), 1–483. (In Japanese)
14) Menon, M. K., 1951: The life history and bionomics of an Indian penaeid prawn *Metapenaeus dobsoni* Miers. *Proc. IPFC* **3** (III), 80–93.
15) Oka, M., 1967: Studies on *Penaeus orientalis* Kishinouye. V. Fertilization and development. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* **23**, 71–87.
16) Pearson, J., 1939: The early life history of some American Penaeidae, chiefly commercial shrimp *Penaeus setiferus* (Linn.). *Bull. U. S. Bur. Fish.* **49** (30), 1–73.
17) Racek, A. A. and W. Dall, 1965: Littoral Penaeidae (Crustacea Decapoda) from Northern Australia, New Guinea and adjacent waters. *Verh. Akad. Wet. Amst.* (b) **56**, 1–116.
18) Renfro, W. C. and H. L. Cook, 1963: Early developmental stages of the seabob, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller). *U. S. Fish Wildl. Serv., Fish Bull.* **63** (1), 165–177.
19) Shokita, S., 1970: A note on the development of eggs and larvae of *Penaeus latisulcatus* Kishinouye reared in an aquarium, *Biol. Mag. Okinawa* **6** (8), 34–36.

20) Williamson, D. I., 1969: Names of larvae in Decapoda and Euphausiacea. *Crustaceana* **16** (2), 210–213.
21) Yasuda, J., 1956: Ecological studies on the shrimps in the coastal bays. II. Bionomics by species. *Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab.* **9**, 1–81. (In Japanese)

屋外タンク培養によるのりの人工発病実験
—干出と病気の発生との関係について—

吉川浩二・斉藤雄之助

Studies on the Disease Inducing Experiments by Using a shaking Culture Apparatus of Nori (*Porphyra*) with Controlled-Atomospheric Exposure.
—On the Relationships between the Exposure and the Occurrence of Disease and its Process—

Kôji Yoshikawa and Yunosuke Saitô

The effect of environmental conditions (period of exposure, speed of shaking and salinity) on the occurrence of disease and its process of bud, young thalli and adult thalli of Nori by using a shaking apparatus of Nori with controlled-atomospheric exposure was tested.

The results are as follows:

1). As buds temperature (temperature on a group of bud) rised when air temperature got over 24°C and the period of exposure lasted long at daytime, and with the rise of sea water temperature over 20°C, buds developed into physiological damages.

2). Buds, even if the sea water temperature are normal, developed into physiological damages when the average chlorinity was between 11～14‰, or the chlorinity was about 7‰ just before exposure and right after immersion. These physiological damage became serious with the rise of sea water temperature and air temperature.

3). When the period of exposure lasted long and thalli temperature (temperature on a group of thalli) rise up during exposure, and the temperature differance was large between thalli temperature right after and after immersion, and the rate of dryness of thalli during exposure became big, young thalli and adult thalli of Nori developed into physiological damages (such as white and dead cells, redish violet spots, blackish violet spots), and these symptoms seemed to have relation to White rot.

4). When the temperature was relatively low during exposure and the rate of dryness was moderate (the rate of water content was 30～40% of thalli weight right after exposure), young thalli and adult thalli of Nori have got a little physiological damages (white and dead cells, redish violet spots, blackish violet spots).

のり養殖における病害発生と漁場環境条件は密接な関係にあるが，環境要因としては天候，風向力，気温，塩素量，水流速などの自然的条件および漁場行使法，養殖技術などの人為的条件があげられており，今日までこれらの相互関係についての検討がなされている。しかしながら漁場ではこれらの環境要因の変化が激しく，病害発生前における環境要因を把握することは甚だ困難である。従ってなるべく漁場の環境条件に近い条件下で行ない得る培養設備を用い，さらに漁場において得られた生育環境要因の変化を設定条件とした発病実験が発病要因を究明するため必要であると考えられる。

1974年4月3日受理　南西海区水産研究所業績44号

本実験はのりの発病と病害発生に関係する環境要因の抽出および相互作用の関係を明らかにして，発病機構の解明に努めることを目的とした。

材料および実験方法

培養タンクは屋外に設けられたコンクリート水槽12槽〔1.0×2.0×0.7mのもの，3水槽並び×4列〕を用い，それに水平駆動・干出装置を設置し，上屋には半透明塩化ビニール板を張った (Fig. 1)。水流の変化はタンク内でのり網が往復水平駆動するようにし，変速機により移動速度を調節することで代用した (注水による水の流れは小さいのでほぼ一定と考え，水流速としては無視した。)。また，干出については，のり網の枠を吊り下げた回転軸とモーターを取り付け，タイムスイッチにより回転軸を正・逆転させて，任意の時刻に任意の干出時間が与えられるようにのり網を上下させた。

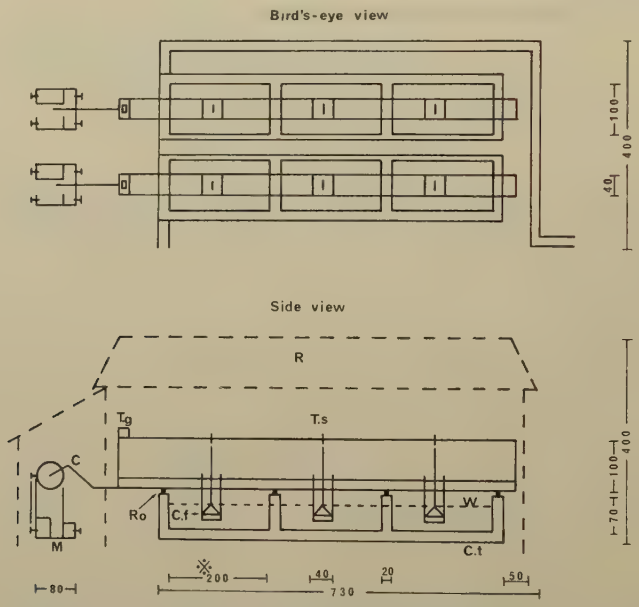


Fig. 1. A shaking culture apparatus of Nori with contorolled-atomospheric exposure.
R: Roof, T.g: Turning gear, T.s: Turning shaft, C.f: Culture frame
C: Crank shaft for horizontal motion, C.t: Culture tank, W: Water level
Ro: Roll, M: Motor
* is shown in cm.

光，気温，水温については特に調節せず，また干出中の乾燥についても通常のまま行なった。

実験に用いたのりは広島湾産のもので，広島市のり人工採苗所において人工採苗されたものを屋外水槽タンク内で培養したもの，研究所地先で通常の養殖方法で育成したもの，或は葉長3～5cm で冷蔵したものを出庫して育成した葉体を実験に供したが，各実験毎に1枚（1目 15×15cm）または2～5枚重ねて枠に取付け実験に供した。

1970年度における実験タンクの海水は通常深さ 0.5m でオーバーフローさせて水槽内が1トンに保たれるように 4 *l*/min 位注水したが，塩素量低下の影響を加えた場合には，天然の潮時にほぼ対応した塩素量が種々の変化で与えられるように干出前 1.5～2 時間に塩素量が低下し始め，また干出中より塩素量が上昇し始め，干出時あるいは浸漬時にはそれぞれ設定した塩素量となるよう海水および淡水（水道水）の注

Table 1. Culture conditions of bud of Nori on the experiment. (Experiments No. 1～3, in 1970)

	*	Condition of sample	Speed of shaking	Time of exposure	** Peroid of exposure	**** Chlorinity	Note
Experiments No. 1	I	Sample used in all experiemnts were 1). made seedling on Sept. 23 and kept in culture tank without exposure till Oct. 5, 1970, 2). made seedling on Sept. 23 and kept in culture tank exposed twice a day at appointed time for 2 hrs. till Oct. 5, 1970, 3). made seedling on Sept. 29 and kept in the culture ground till Oct. 5, 1970.	10 cm/sec.	11: 30～13: 30 23: 30～ 1: 30	*** 2 hours	***** Down	
	II		10 cm/sec.	10: 30～14: 30 22: 30～ 2: 30	4 hours	Down	
	III		10 cm/sec.	11: 30～13: 30 23: 30～ 1: 30	2 hours	No change	
	IV		10 cm/sec.	10 :30～14: 30 22: 30～ 2: 30	4 hours	No change	
Experiments No. 2	I	Sample used in all experiments were 1). made seedling on Sept. 29 and kept in the culture ground till Oct. 15, 1970, 2). made seedling on Sept. 23 and kept in the culture tank exposed twice a day at appointed time for 2 hrs. and kept in the culture tank without exposed till Oct. 15, 1970.	Same as experiments No. 1				
	II						
	III						
	IV						
Experiments No. 3	I	Sample used in all experiments were 1). made seedling on Oct. 17 and in the culture ground till Nov. 5, 2). made seedling on Sept. 29 and kept in the culture tank exposed twice a day at appointed time with tide till Nov. 5, 1970.	10 cm/sec.	11: 30～13: 30 23: 30～ 1: 30	2 hours	Down	
	II		10 cm/sec.	10: 30～14: 30 22: 30～ 2: 30	4 hours	Down	
	III		10 cm/sec.	10: 30～14: 30 22: 30～ 2: 30	4 hours	No change	

* Experimental section No..

** Sample were exposed on the air twice a day at set time.

*** 2 hours at daytime and 2 hours at nighttime.

**** Low chlorinity water was obtained by mixing natural sea water with fresh water.

***** Just before exposure and just before immersion.

Table 2. Culture conditions of young thallus and matured thallus on the experiment. (Experiments No. 4～7, in 1971 and 1972)

		Condition of sample	Speed of shaking	Gime of exposure	Period of exposure	Chlorinity	Note
Experiments No. 4	I	Young thallus .....0.5 mm Sample used in all experiments were made seedling on Oct. 4 and kept in the culture ground till Oct. 27, 1971.	10 cm/sec.	10: 00～12: 00 22: 00～24: 00	2 hours	No change Cl. 17‰	Net placed in 2 layers
	II		10 cm/sec.	9: 30～12: 30 21: 30～ 0: 30	3 hours		
	III		10 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours		
Experiments No. 5	I	Thallus.....3 cm Sample used in all experiments were made seedling on Oct. 4 and kept in the culture ground till Nov. 10. 1971,	15 cm/sec.	10: 00～12: 00 22: 00～24: 00	2 hours	Same as experiments No. 1	
	II		5 cm/sec.	10: 00～12: 00 22: 00～24: 00	2 hours		
	III		15 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours		
	IV		5 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours		
Experiments No. 6	I	Thallus.....3～5 cm Sample used in all experiments were made seedling on Oct. 4 and kept in the culture ground till Nov. 10, 1971.	5 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours	Same as experiments No. 1	Net* placed in 5 layers
	II		5 cm/sec.	10: 00～12: 00 22: 00～24: 00	2 hours		Not placed in 2 layers No increase in W. Temp.
	III		15 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours		
	IV		5 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours		
Experiments No. 7	I	Thallus.....3～5 cm Sample used in all experiments were Nori net's preserved in refrigirator taken out on Dec. 24, 1971 and kept in the culture ground with given exposure till Jan. 12, 1972.	5 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours	No change	*
	II		5 cm/sec.	10: 00～21: 00 22: 00～24: 00	2 hours		Net placed in * 2 layers
	III		5 cm/sec.	no exposure			
	IV		5 cm/sec.	9: 00～13: 00 21: 00～ 1: 00	4 hours		

The same as Table 1.

* Increased in water temperature.

水量を調節（手動）した。

1971年度の場合は培養海水は止水とし，実験期間中は3～5日毎に硝酸ナトリウム ($NaNO_3$) で窒素量100 mg/トン，燐酸第二ナトリウム ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$) で燐量 10 mg/トン を補給した。

これらの実験において，実験毎に3水槽一列を一試験区（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ）として扱ったが，この場合の環境条件である光，水温，気温，風向力は調節できないため，各試験区間でも，また同一試験区内でも光条件や干出中の乾燥度などに僅かの差がみられたが，試験区内の各水槽の差は少なかったので区内の差はなかったものとし，また試験区毎の差はそのまま設定条件とした。塩素量を人為的に変化させた実験においては，水槽毎でその変化に多少の時間的なずれがみられたが，変化の範囲には大差がなかったので，このずれは影響ないものと考えた。実験における環境条件の測定は気温，水温，干出中ののり温度はサーミスター温度計を用い連続観測（自記）を行ない，塩素量（2水槽のみ）は電磁式導電率計を用いた。干出中ののりの含水率の測定は枠に各々試験区毎に別にとりつけたのり重量（網糸とも）を干出直後から，干出終了時直前までの間，30分毎に上皿天秤で測ったが，干出後水滴が落下しなくなったときののり重量を（網糸とも）100とし乾燥による重量の変化で表わした。

のりの生育および病状については，実験開始時および開始後2～3日毎に各試験区毎に観察出来るよう別に試料を枠にとりつけ，その後の実験条件に変化のないよう試料を採集し，各種の病状について肉眼的観察，顕微鏡観察を行い，幼芽期のものについては，150倍か60倍の視野について総個体数，異常細胞をもつ個体数，病状を観察し，幼葉期のものについては，網糸1 cm 間2～3ケ所の葉体長5 mm 以上のものについて個体数・葉体長を計測し，病状を観察した。（5 mm 以下の葉体についても計測あるいは観察を行った場合もある。）成葉期のものについては，各観察毎に10～20個体の成葉について病状を肉眼的に観察した後，葉体全面あるいは1個体につき20～30ケ所を検鏡して各種病状についての観察を行った。なお，のりの病症名については「のり病微委員会」で発刊[1]されたものに基づいて記載した。

幼葉，成葉についてはエリスロシン染色による健全度の判定*を加えて実施した。

のりの生長度の測定については，生育環境調査を行った日に，前記に示した含水率を測定した時の干出30分後ののり重量を用い，実験開始時を1として，その重量比からみること，エリスロシン染色率を調べた時に10～20枚の葉体長および巾を測定することで行った。

これらの各実験毎の設定条件は Table 1～2 に示した。

実験結果および考察

1970年9月下旬から10月上旬の間に3回（幼芽期実験1～3），1971年10月下旬より1972年1月下旬の間に4回（幼葉期は実験4，成葉期は実験5～7）行った実験の結果について報告する。生育および病状の観察結果は Table 3～7 に，生育環境観測結果は Fig. 2～13 に示した。

1，幼芽について

幼芽についての実験は時期および幼芽の大きさを変え実験したが各回とも器械の故障や淡水注水量の調節不能から一定した設定条件が保たれなかったが（それが特に影響はしないが），支障のなかった時期のみについて検討した。

塩素量を変化させずに干出時間のみを変化させた場合についてみると実験1では，4時間干出では2時間干出に比べ成長がやや遅く，障害率は高くなってきており，障害を受けた個体には，多くは根部の細胞が死んでいるものが多かったが，生長や障害率に大差がみられず，実験2でも体長 500 μ 位の芽およびや

---

* エリスロシン染色率による障害の判定法，Erythrosin ($C_{20}H_6I_4Na_2O_5$) はフタレイン染料の1つでテトラヨードフルオレッセインにより死細胞およびある程度以上の障害（病害につながるような）を受けたのり細胞が赤く染色されるのを応用してのりの健康度を判定する方法で，染色細胞／全細胞数を百分率で表わした。

Table 3. Results of observation on bud and young thallus by microscope. (Experiments No. 1～3, in 1970)

Experimental section No.	Culture tank No.		Experiments No. 1			Experiments No. 2				Experiments No. 3		
			Oct. 6 Start	Oct. 8 After 2 days	Oct. 12 After 4 days	Oct. 15 Start	Oct. 17 After 2 days	Oct. 19 After 4 days	Oct. 22 After 7 days	Nov. 5 Start	Nov. 8 After 3 days	Nov. 10 After 5 days
I	1	Number of bud	* 48	0	0		85	116	83	—	132	163
		Rate of injury (%)	** 0	100	100		22.3	77.6	84.3	—	8.3	36.2
		Size of bud (μ)	***138	—	—		500	—	—	—	875	—
	2	Number of bud	9	0	0	282	99	—	—	—	50	—
		Rate of injury (%)	0	100	100	—	76.8	—	—	—	—	—
		Size of bud (μ)	50	—	—	500	500	—	—	—	11300	—
	3	Number of bud	93	0	0		15	11	2			
		Rate of injury (%)	10	100	100		86.7	100	100			
		Size of bud (μ)	****(3.8)	—	—		875	—	—			
II	1	Number of bud	100	0	0		246	121	185	267	382	339
		Rate of injury (%)	16	100	100		14.6	12.4	35.1	0	0.5	8.0
		Size of bud (μ)	137	—	—		—	—	—	750	1250	—
	2	Number of bud	148	9	0		226	192	176	30	33	17
		Rate of injury (%)	25	75	100		49.1	61.5	64.8	—	—	—
		Size of bud (μ)	85	60	—		—	—	—	11000	12800	13100
	3	Number of bud	155	1	0		7	16	10			
		Rate of injury (%)	12	100	100		57.1	81.3	90.0			
		Size of bud (μ)	(4.3)	(3.0)	—		—	—	—			
III	1	Number of bud	64	64	82		89	253	259	—	430	196
		Rate of injury (%)	7	4	7		7.9	10.0	15.1	—	0.7	3.1
		Size of bud (μ)	122	218	500		—	—	—	—	1750	—
	2	Number of bud	57	34	227		178	—	—	—	57	57
		Rate of injury (%)	14	3	8		5.1	—	—	—	—	—
		Size of bud (μ)	105	149	375		—	—	—	—	13300	13700
	3	Number of bud	187	223	118	71	73	51	28			
		Rate of injury (%)	11	23	10		21.9	29.4	96.4			
		Size of bud (μ)	(4.1)	(7.9)	290	1000	—	—	—			

IV	1	Number of bud	68	14	3	56	102	49	300			
		Rate of injury (%)	20	83	33	—	13.7	28.6	3.3			
		Size of bud (μ)	136	203	150	500	—	—	—			
	2	Number of bud	260	30	7		150	216	231			
		Rate of injury (%)	10	62	14		15.3	12.0	3.9			
		Size of bud (μ)	93	113	233		—	—	—			
	3	Number of bud	132	9	14		9	51	24			
		Rate of injury (%)	9	50	8		33.3	10.0	16.7			
		Size of bud (μ)	(4.8)	(6.2)	200		—	—	—			

* The value is shown number of bud attached on a synthetic fiber.

** Rate of injury is shown in percentage of white and dead cells to total number.

*** μ.

**** ( ) is shown is number of cells.

Table 4. Results of observation on young thallus by microscope. (Experiments No. 4, in 1971)

Time	Oct. 27 (Start)	Nov. 4 (After 8 days)	Nov. 9 (After 13 days)
Culture tank No. 1	Healthy young thallus 50% A slight injuried young thallus 50%	Growth best Healthy young thallus 50% A slight injuried young thallus 50%	Growth better Healthy young thallus 50% A slight injuried young thallus 50% A little groups of dead cells
Culture tank No. 2	Groups of white and dead cells, and cells with vacuole enlargement	Growth better A serious injuried young thallus + Many groups of dead cells	Growth worse A slight injuried young thallus 10% A serious injuried young thallus 90%
Culture tank No. 3		Growth worse Many a serious injuried young thallus	Growth worst A serious injuried young thallus 100% Abnormal buds 90%

Table 5. Results of observation on thallus by microscope.

Time / Symptoms	Nov. 10 (Start)	NO Nov. 12 (After 3 days)											
		Experimental section No.											
	I~IV	I			II			III			IV		
	* M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
	**														
1 White and dead cells at upper part of thallus	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
2 White and dead cells at lower part of thallus	10	30	60	—	—	100	10	40	50	—	—	100	—	10	90
3 Dead cells with pink and blackish violet spots	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—	—	100	—	—	100
4 Crape	—	—	100	—	10	90	—	10	90	—	—	100	—	10	90
5 Cells of vacuole enlargement	—	—	100	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—	—	100
6 Calluses	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
7 Number of attached bacterias	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—
Rate of injury by Erythrosin dyeing (%)	3			0			1			0			0		

* M: Many, L: Little, N: None.

** The value is shown in percentage of symptoms to total thallus.

Table 6. Results of observation on thallus by microscope.

Time / Symptoms	Dec. 7 (Start)	Dec. 13 (After 7 days)											
		Experimental section No.											
	I~IV	I			II			III			IV		
	* M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
	**														
1 White and dead cells at upper part thallus	—	100	—	80	20	—	—	100	—	70	30	—	60	40	—
2 White and dead cells at lower part of thallus	—	100	—	80	20	—	—	100	—	60	40	—	40	60	—
3 Dead cells with pink and blackish violet spots	—	100	—	30	70	—	—	100	—	30	70	—	20	80	—
4 Crape	—	—	100	—	50	50	—	20	80	—	40	60	—	30	70
5 Cells of vacuole enlargement	—	—	100	—	70	30	—	20	80	—	40	60	—	30	70
6 Calluses	—	—	100	—	20	80	—	10	90	—	10	90	—	10	90
7 Number of attached bacterias	—	10	90	—	30	70	—	30	70	—	20	80	—	20	80
8 Chytrid blight	—	—	100	—	50	50	—	—	100	—	10	90	—	10	90
9 Red rot	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
10 Green spot	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
Rate of injury by Erythrosin dyeing (%)	13			29			12			26			28		

* M: Many, L: Little, N: None.

** The value is shown in percentage of symptoms to total thallus.

(Experiments No. 5, in 1972)

Nov. 17 (After 8 days)													Nov. 22 (After 13 days)											
Experimental section No.													Experimental section No.											
I			II			III			IV				I			II			III			IV		
M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N		M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—		—	90	10	—	100	—	10	90	—	—	100	—
30	70	—	40	60	—	50	50	—	40	60	—		30	70	—	30	70	—	50	50	—	40	60	—
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—		10	90	—	10	90	—	—	100	—	—	100	—
—	—	100	—	—	100	—	10	90	—	—	100		—	—	100	—	—	100	—	50	50	—	10	90
—	20	80	—	20	80	—	20	80	—	80	20		—	20	80	—	20	80	—	30	70	—	30	70
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100		—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—													
10.0			1.3			1.4			14.0				10.0			16.0			22.0			15.0		

(Experiments No. 6, in 1972)

Dec. 20 (After 14 days)													Dec. 23 (After 17 days)											
Experimental section No.													Experimental section No.											
I			II			III			IV				I			II			III			IV		
M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N		M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
100	—	—	80	20	—	50	50	—	100	—	—		100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—
100	—	—	60	40	—	100	—	—	100	—	—		100	—	—	80	20	—	70	30	—	80	20	—
100	—	—	30	70	—	30	70	—	60	40	—		100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—
50	50	—	10	30	60	30	40	30	20	40	40		80	20	—	20	40	40	60	40	—	70	30	—
—	80	20	—	40	60	—	100	—	—	—	100		—	10	90	—	100	—	—	100	—	—	100	—
—	20	80	—	20	80	10	70	20	—	20	80		—	20	80	—	20	80	10	90	—	—	20	80
10	80	10	10	90	—	10	90	—	10	90	—		10	90	—	10	90	—	10	90	—	10	90	—
—	10	90	—	—	100	—	—	100	—	—	100		—	20	80	—	20	80	—	—	100	20	80	—
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100		—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100		—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
69			46			32			71				73			52			56			61		

Table 7. Results of observation on thallus by microscope.

Time / Symptoms	Jan. 13 (Start)			Jan. 17 (After 5 days)											
				Experimental section No.											
	I~IV			I			II			III			IV		
	* M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
	**														
1 White and dead cells at upper part of thallus	70	30	—	90	10	—	100	—	—	100	—	—	90	10	—
2 White and dead cells at lower part of thallus	60	40	—	70	30	—	90	10	—	90	10	—	90	10	—
3 Dead cells with pink and blackish violet spots	—	100	—	20	80	—	—	100	—	10	90	—	—	100	—
4 Crape	—	—	100	10	—	90	—	10	90	—	—	100	—	—	100
5 Cells of vacuole enlargement	—	—	100	—	80	20	—	80	20	—	80	20	—	80	20
6 Calluses	—	10	90	—	20	80	—	—	100	—	10	90	—	10	90
7 Number of attached bacterias	—	90	10	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—
8 Chytrid blight	—	50	50	—	10	90	—	100	—	—	50	50	—	30	70
9 Red rot	—	10	90	—	10	90	—	20	80	—	30	70	—	—	100
10 Green spot	—	—	100	—	—	100	—	10	90	—	20	80	—	—	100
Rate of injury by Erythrosin dyeing (%)	38			43			50			65			59		

* M: Many, L: Little, N: None.

** The value is shown in percentage of symptoms to total thallus.

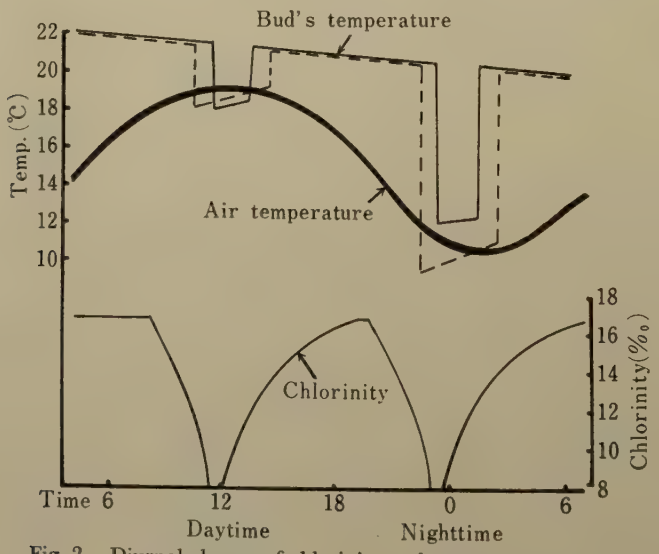


Fig. 2. Diurnal change of chlorinity and temperature of bud.
——Exposure of 2 hours, ·····Exposure of 4 hours

(Experiments No. 7, in 1972)

Jan. 20 (After 8 days)													Jan. 25 (After 13 days)											
Experimental section No.													Experimental section No.											
I			II			III			IV				I			II			III			IV		
M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N		M	L	N	M	L	N	M	L	N	M	L	N
80	20	—	90	10	—	100	—	—	80	20	—		100	—	—	50	50	—	100	—	—	60	40	—
80	20	—	70	30	—	70	30	—	40	60	—		100	—	—	10	90	—	100	—	—	60	40	—
—	100	—	60	40	—	—	100	—	—	100	—		100	—	—	—	100	—	100	—	—	20	80	—
—	10	90	—	20	80	—	—	100	—	50	50		50	40	10	10	20	70	100	—	—	50	30	20
30	70	—	80	20	—	60	40	—	20	80	—		50	50	—	80	20	—	50	50	—	70	30	—
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100		—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100
—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100	—		—	100	—	—	100	—	100	—	—	—	100	—
—	20	80	—	100	—	—	50	50	—	10	90		—	10	90	10	90	—	—	20	80	—	40	60
—	100	—	—	10	90	40	60	—	—	10	90		—	30	70	—	40	60	100	—	—	—	10	90
—	—	100	—	—	100	—	—	100	—	—	100		—	—	100	—	20	80	—	100	—	—	—	100
44			29			52			41				64			36			81			28		

や大きい芽ともに4時間干出，2時間干出とも生長，障害率に大差がみられなかったが，実験3では4時間干出のみであるが，実験中干出過多があったにもかかわらず，同じ位の大きさの芽で実験した実験2の2時間干出に比べて障害率は低くなっていた。

これらの場合についての環境条件の差についてみると，培養中の気温，水温では明・暗期とも実験1と2では21～22°C で大差はなかったが，実験3では16.5～17.5°C と低く，また干出中ののり温度についてみると，実験1では明期の2時間干出では平均24.5～25.8°C，最高26.5～27°C となっており，実験2，3に比べ高かったが，暗期は2，4時間干出とも平均16.1～20.5°C，最高17.0～21.0°C で実験2に比べ低く，実験3よりは高かった。また実験3では4時間干出で明，暗期とも，実験2より低かった。実験2では干出中ののり温度は培養水温より低いか，僅かに高い程度であり，実験3ではほとんど低くなっていた。

次に干出時，浸漬時および浸漬中の平均塩素量を低下させた場合と低下させなかった場合との比較を行ってみると (Fig. 2)，実験1では，塩素量を低下させなかった場合は長時間干出においてかなりの障害を生じはしたがのり芽は生きていた。しかし2時間，4時間干出とも塩分濃度を低下させた場合はのり芽は著しい障害を受けて，多くの場合のり芽は消失しており，残存してもほとんど障害を受けていたが，4時間干出の方が僅かに生残率がよかった。実験2では塩分濃度を低下させた場合には，低下させなかった場合に比べ障害率は高くなったが実験1の場合のように全滅するほどではなかった。また干出時間による差では両者に大差はみられなかったが，僅かに4時間干出の方が障害率は少なかった。実験3では塩素量を低下させた場合は，低下させなかった場合に比べ障害率は高くなったが実験1，2の場合よりも低く，障害率としてはあまり高くなかった。

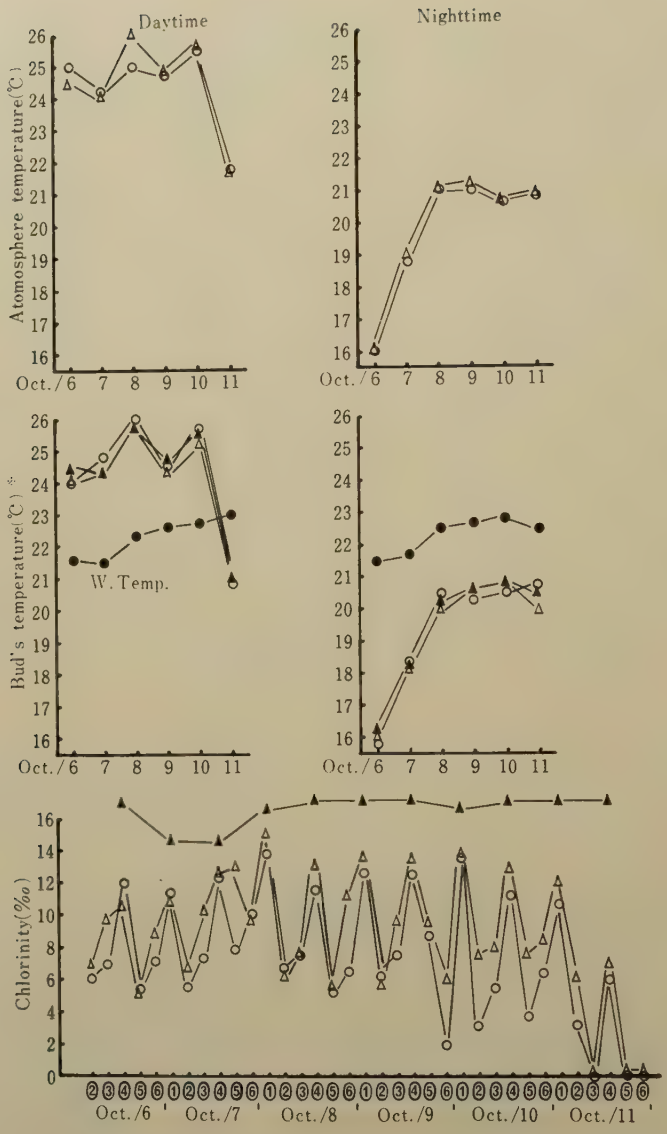


Fig.3. Change of culture conditions of bud. (Experriments No. 1, in 1970)

①……Average chlorinity between two exposures at the nighttime.

②……Average chlorinity during exposure at the day time.

③……Average chlorinity during immersion at the daytime.

④……Average chlorinity between two exposure at the daytime.

⑤……Average chlorinity during exposure at the nighttime.

⑥……Average chlorinity during immersion at the nighttime.

○——○ Experimental section No. 1 (Exposure of 2 hrs. and low salinity)

△——△ Experimental section No. 2 (Exposure of 4 hrs. and low salinity)

▲——▲ Experimental section No. 3 (Exposure of 2 hrs. and low salinity)

Experimental section No. 4 (Exposure of 4 hrs. and low salinity)

* Buds temperature means temperature on a group of bud.

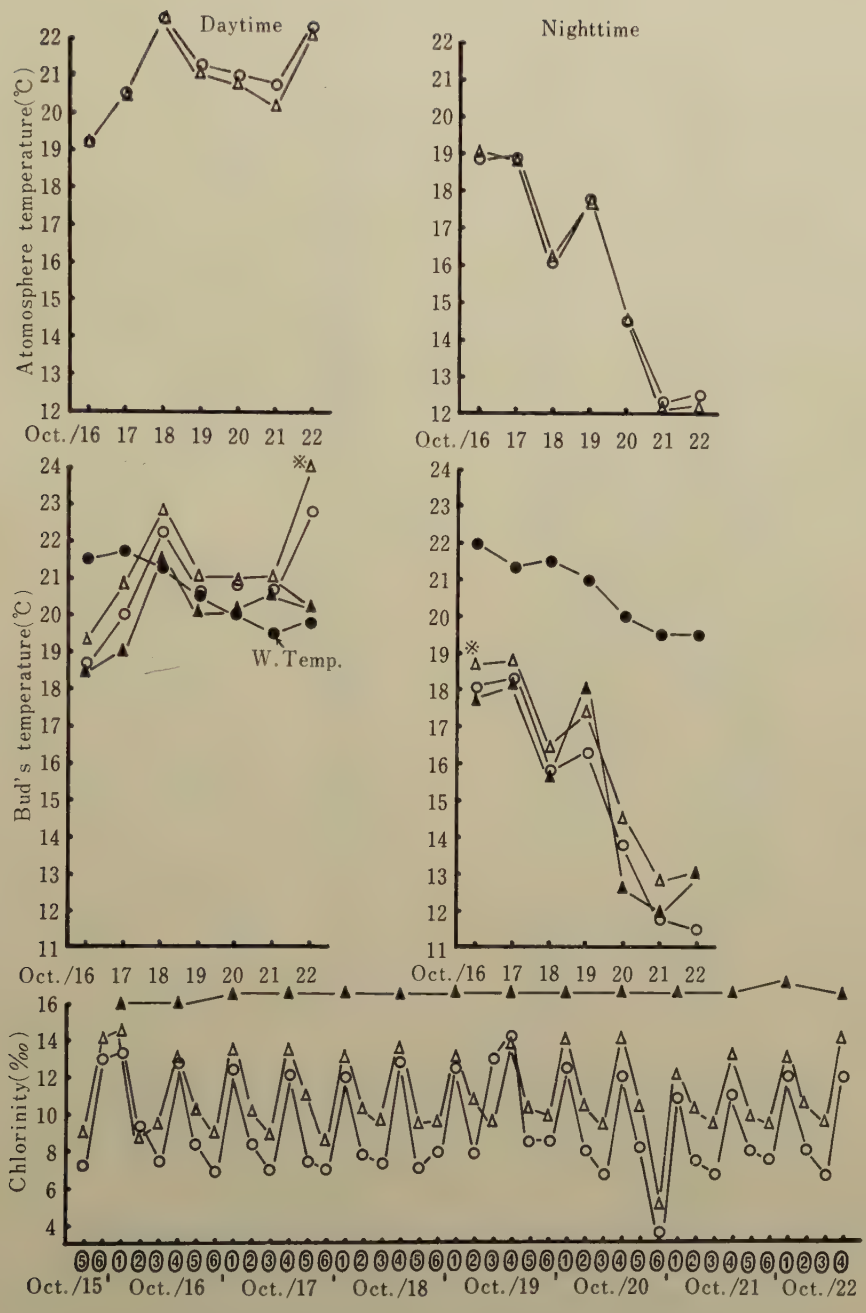


Fig. 4. Change of culture conditions of bud. (Experiments No. 2, in 1970)
The figure same as Fig. 3.
※ is shown both experimental section No. 2 and experimental section No. 3.

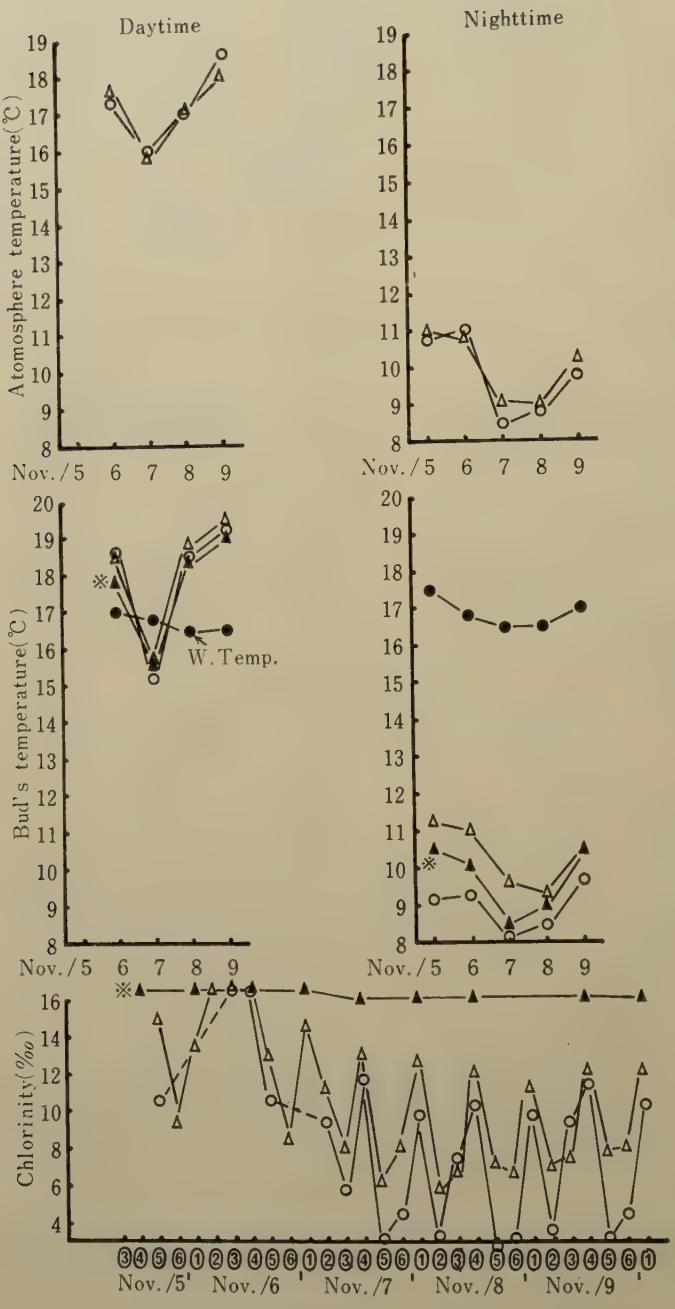


Fig. 5. Change of culture conditions of bud. (Experiments No. 3, in 1970)
The figure same as Fig. 3.
※ is shown experimental section No. III.

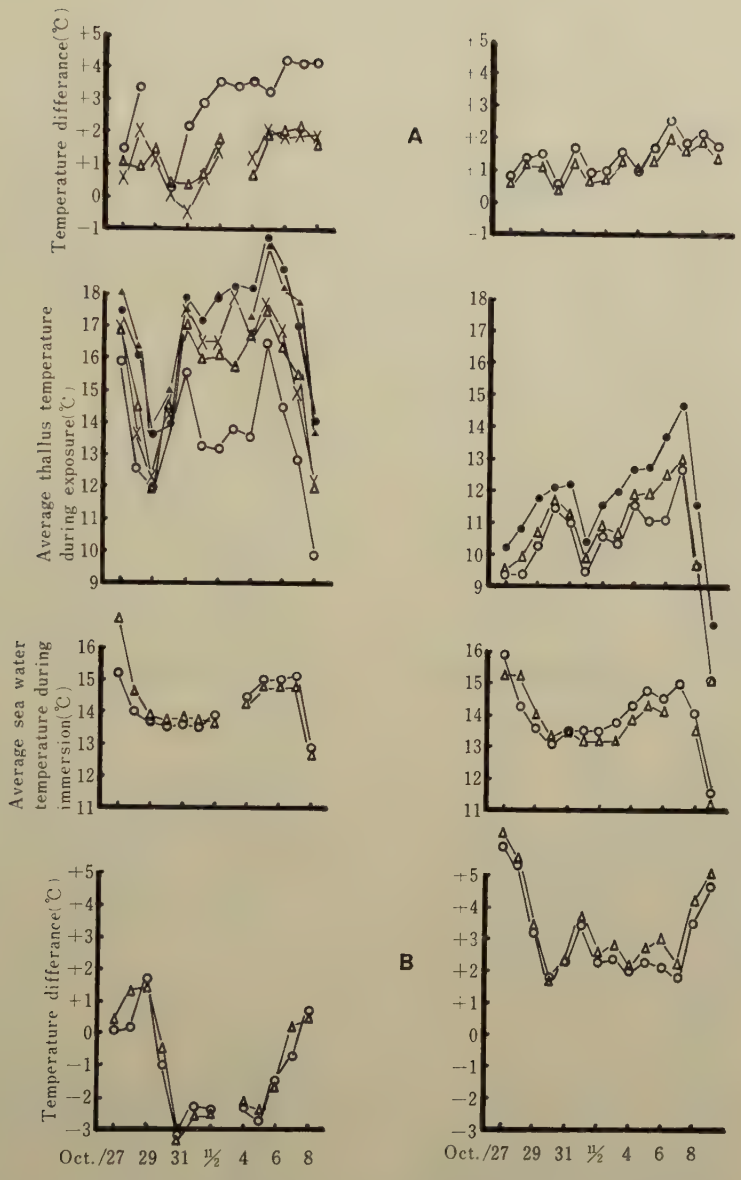


Fig. 6. Change of culture conditions of young thallus (Experiments No. 4. in 1971)

○——○ Experimental section No. I (2 hours of exposure)

●——● Average air teperature

×——× Experimental section No. II (3 hours of exposure)

△——△ Experimental section No. III (4 hours of exposure)

▲——▲ Average air temperature

A. The figure is shown the temperature difference between average air temprature and average thallus temperature at exposure.

B. The figure is shown the temperature differance between average water temperature during immersion and average thallus temperature at exposure.

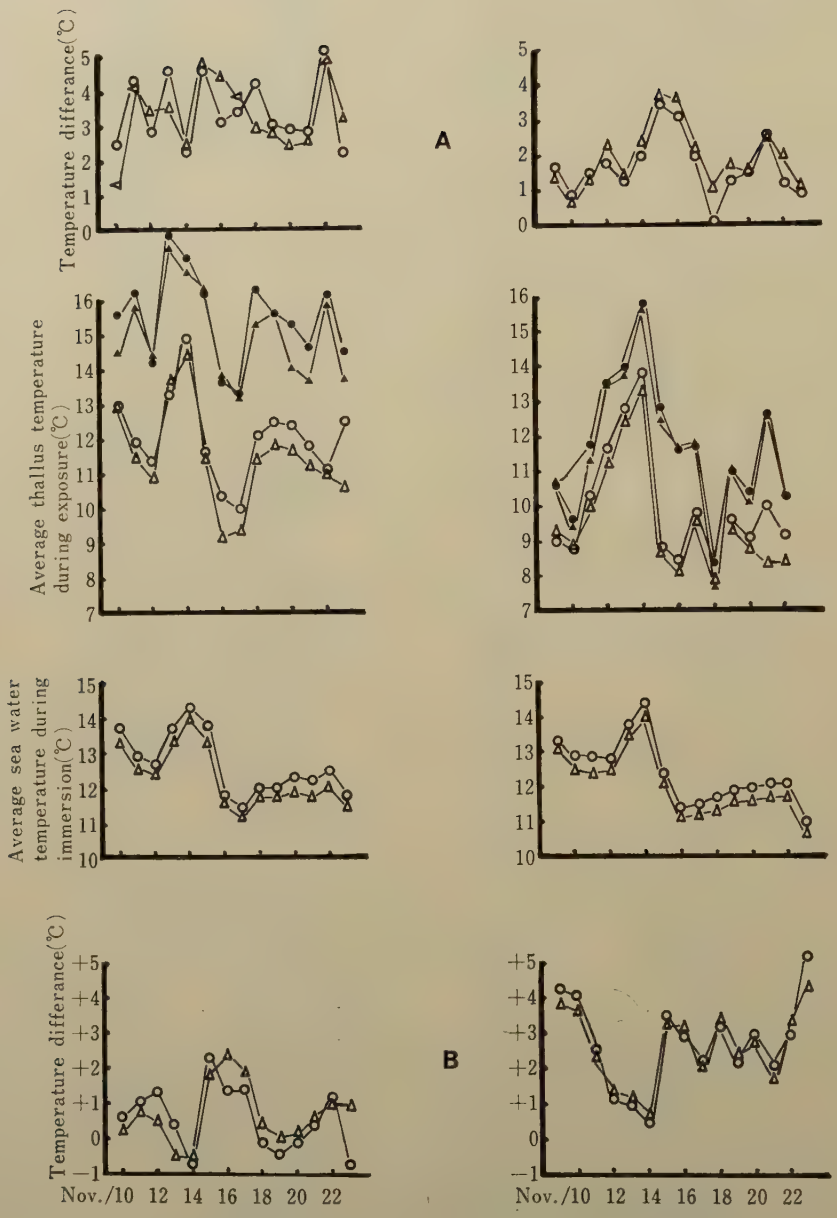


Fig. 7. Change of culture conditions of adalt thallus (Experiments No. 5, in 1971)
The figure same as Fig. 6.
○——○ Experimental section No. II (2 hours of exposure)
△——△ Experimental section No. IV (4 hours of exposure)
* Thallus temperature means temperature on a group of thallus.

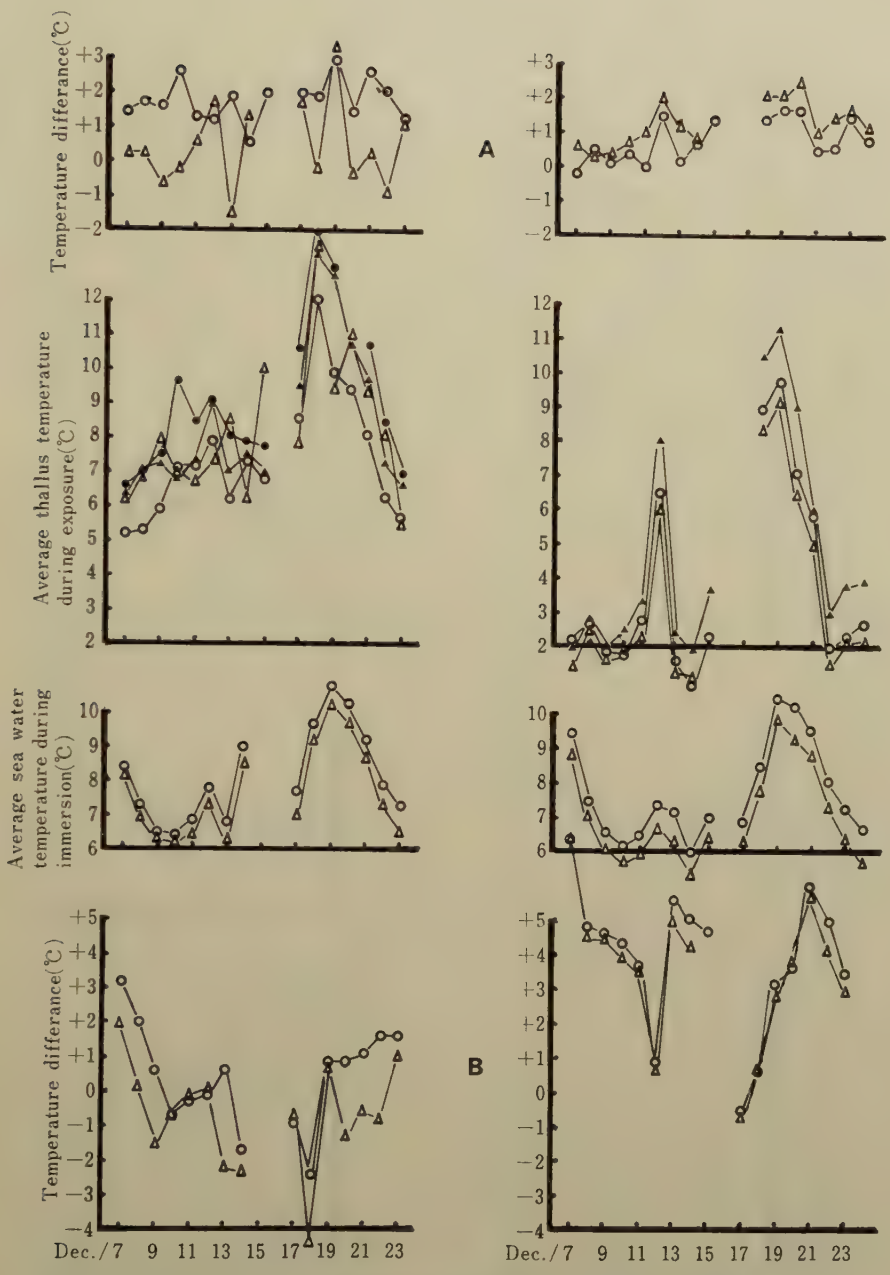


Fig. 8. Change of culture conditions of matured thallus (Experiments No. 6, in 1971)
The figure same as Fig. 6.
○——○ Experimental section No. II (2 hours of exposure)
△——△ Experimental section No. IV (4 hours of exposure)

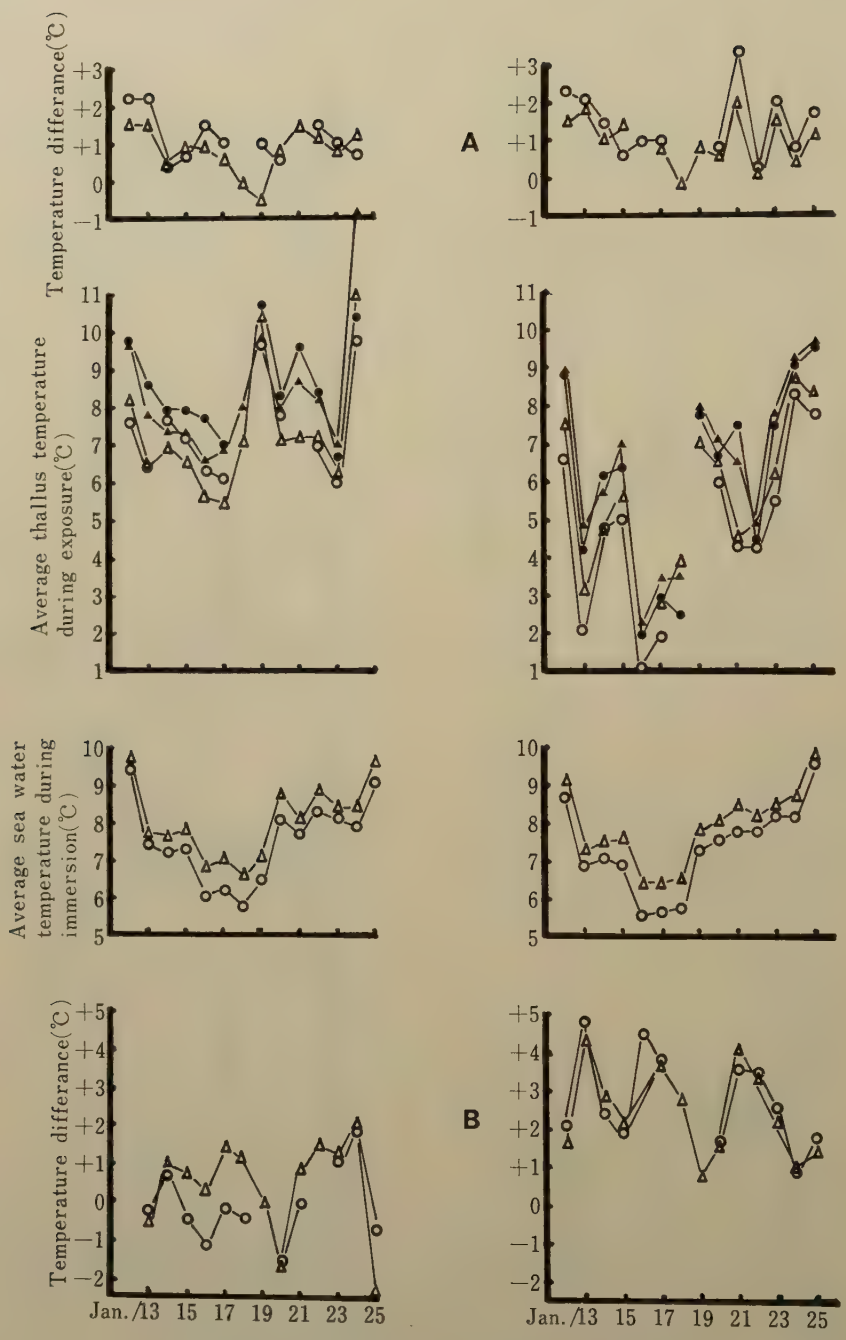


Fig. 9. Change of culture conditions of matured thallus (Experiments No. 7, in 1972)
The figure same as Fig. 6.
○——○ Experimental section No. II (2 hours of exposure)
△——△ Experimental section No. IV (4 hours of exposure)

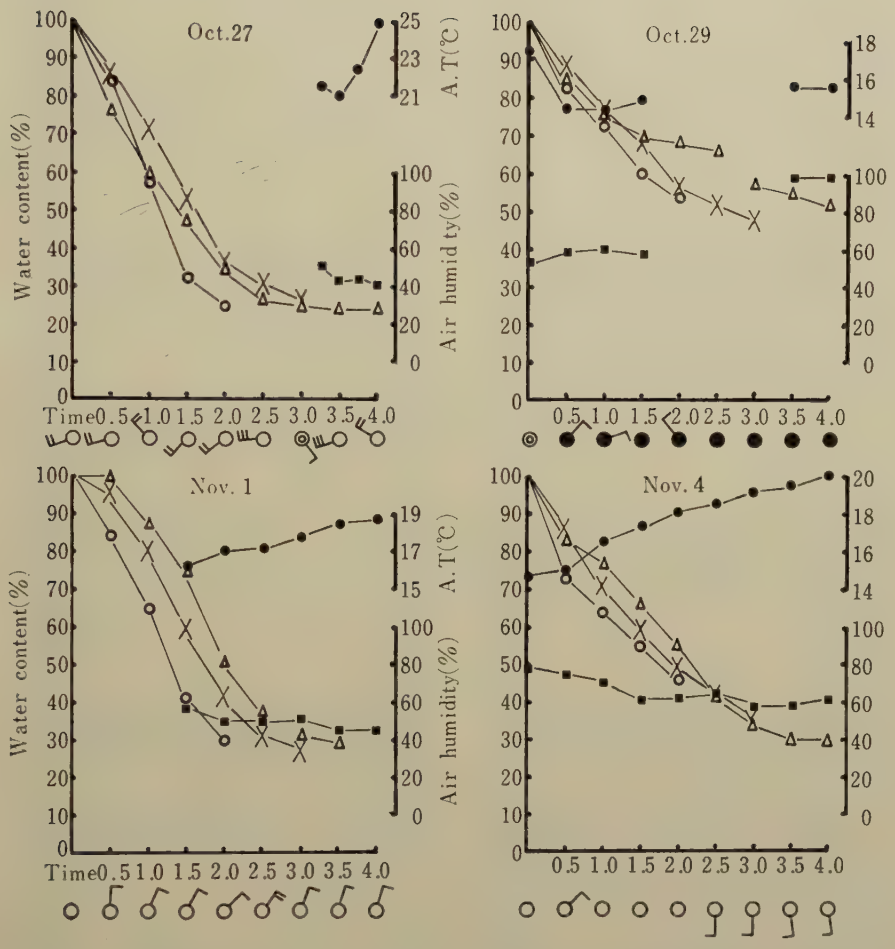


Fig. 10. Change of water content of young thallus at exposure, and weather. (Experiments No. 4, in 1971)

Experimental section No.		Weather		Wind Force	Velocity
○——○	I (Exposure of 2 hr.)	○	Very fine	※ 0	0 ~0.5m/sec.
×——×	II (Exposure of 3 hr.)	⊖	Fine	⚐ 1	0.5~1.7m/sec.
△——△	III (Exposure of 4 hr.)	◎	Cloudy	⚑ 2	1.8~3.3m/sec.
●——●	Atomosphere temperature	●	Rain	⚑ 3	3.4~5.2m/sec.
■——■	Air humidity			⚑ 4	5.3~7.4m/sec.

※ The weather marks are shown the direction and the velocity of the wind.

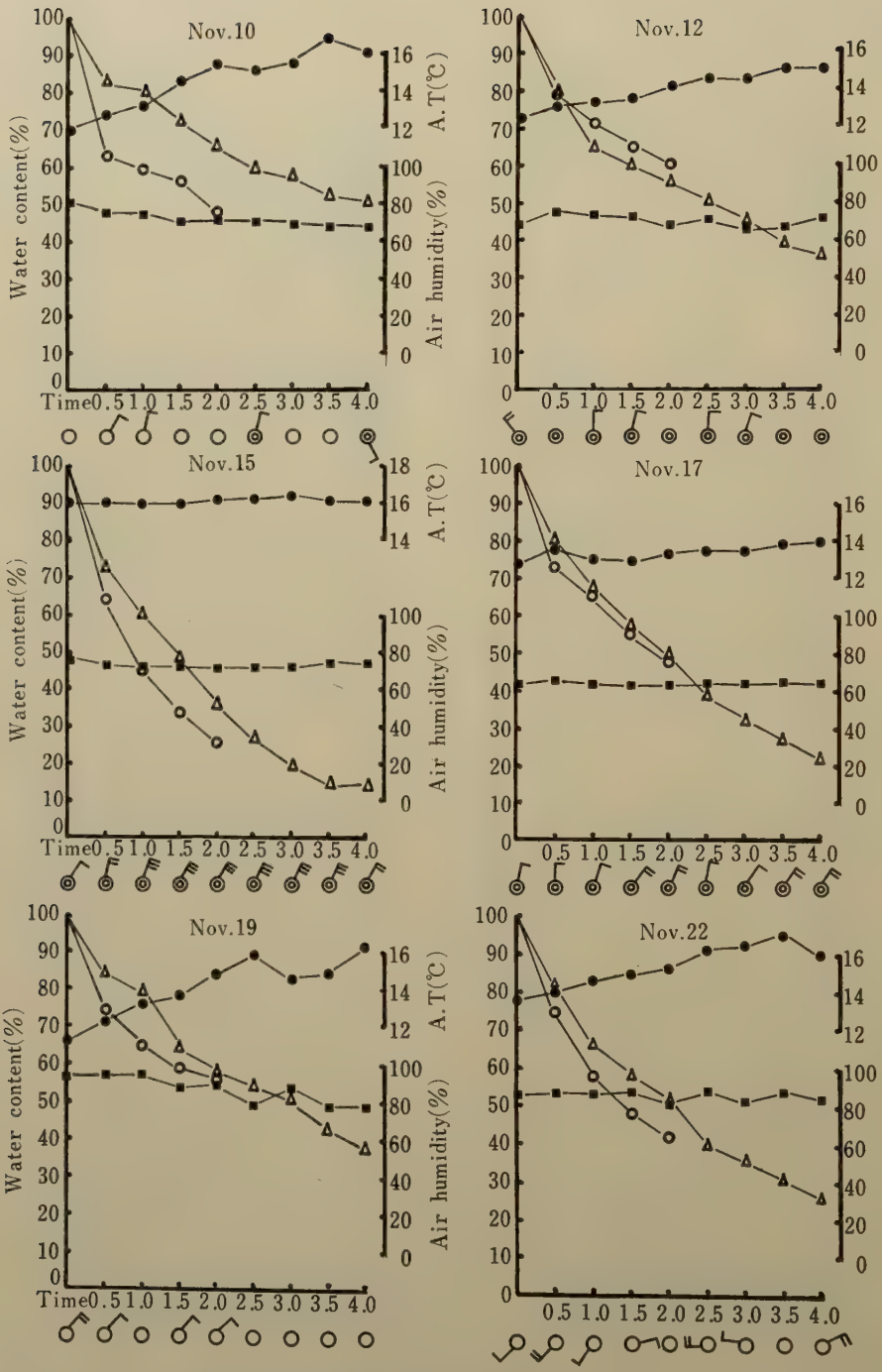


Fig. 11. Change of water content of thallus at exposure, and weather.
(Experiments No. 5, in 1971)
The figure same as Fig. 10.

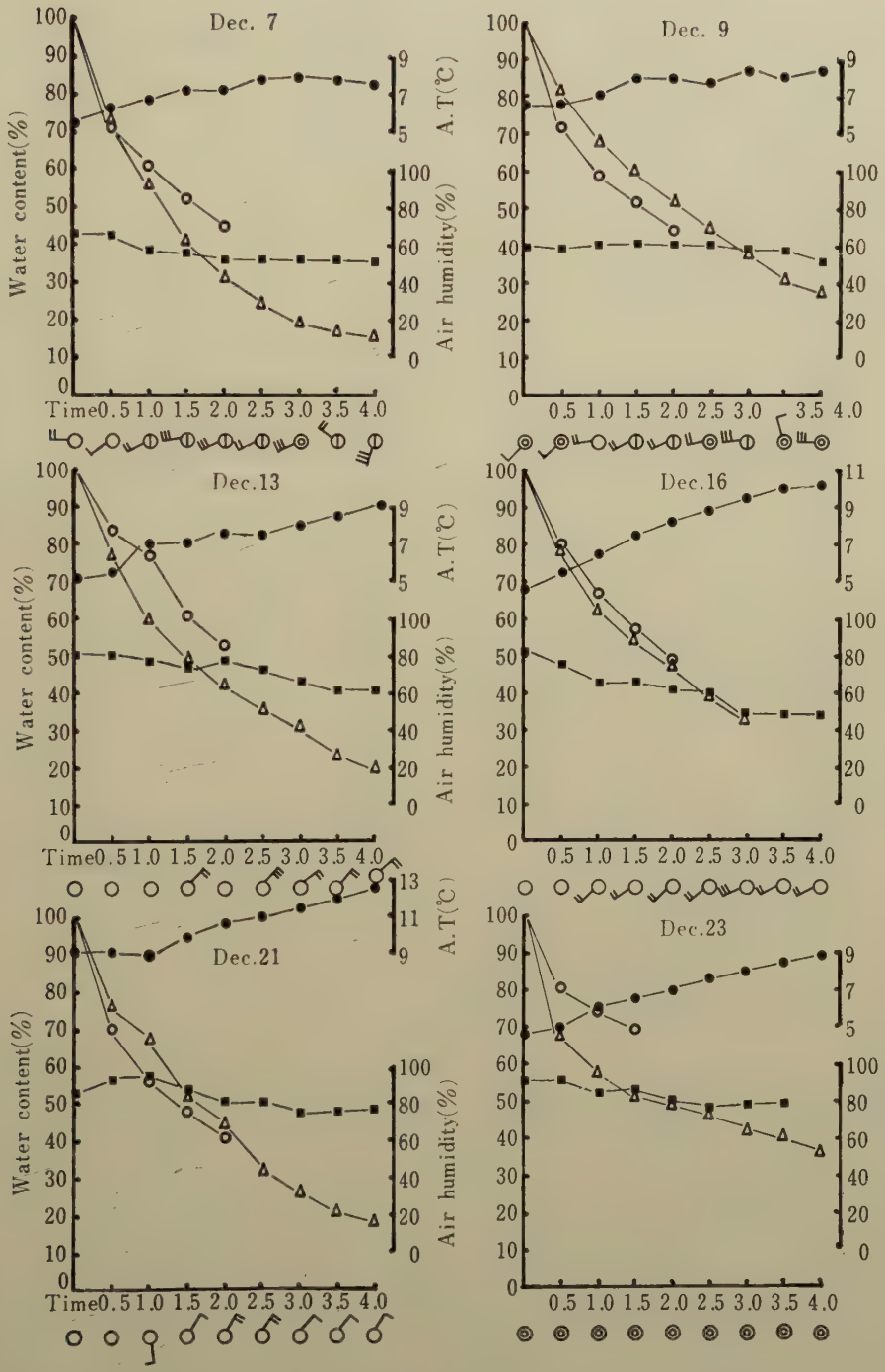


Fig. 12. Change of water content of thallus at exposure, and weather.
(Experiments No. 6, in 1971)
The figure same as Fig. 10.

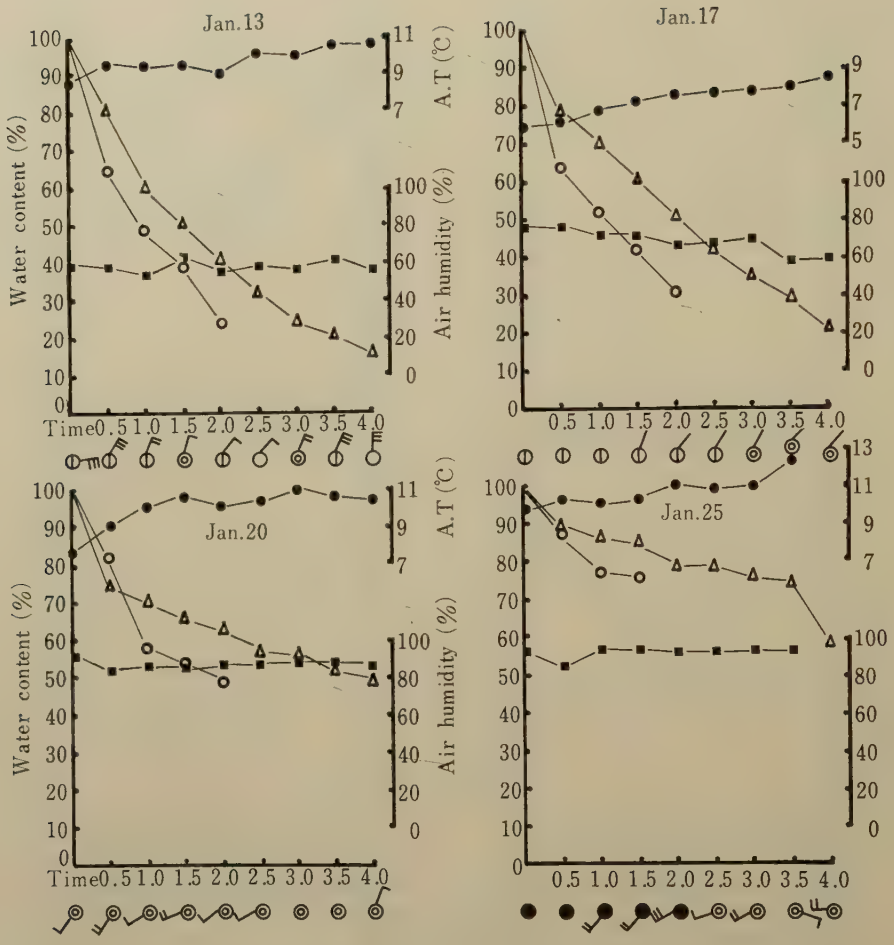


Fig. 13. Change of water content of thallus at exposure, and weather.
(Experiments No. 7, in 1972)
The figure same as Fig. 10.

これらの結果を考察してみると，水温が20°C以上と比較的高いときに干出中ののり温度が24.5°C以上と高くなったときは，一度の干出が4時間にもなると，のり芽は障害をうけるとみられる。障害の原因は幼芽の乾燥度が測定不可能で明らかでないが，2時間干出と4時間干出中ののり温度に大差ないことから，のり芽がこの程度の温度そのものでは障害を受けたとは考えられず，むしろ高温度下で長時間干出したことによる乾燥過多が影響を与えたものと考えられる。また塩素量低下の影響によるのり芽の障害は，塩素量低下が必ずしも一定条件に設定されなかったので明らかなことは言えないが，実験2でみられたごとく水温21.5°C位に，干出中ののり温度平均21°C，最高23°C位，干出時塩素量7.8～9.4‰，浸漬時塩素量6.7～7.5‰，浸漬中平均塩素量11～14‰で，のり芽は低塩分の影響によって障害を生ずるとみられた。このことは喜田ら[2]が成葉での実験において，13.5°C以下の水温で，干出前後の塩素量が5‰以下で生育に悪影響が生じると報告されているのに比べれば，さらに高い塩素量でも障害を生ずることを示している。しかしこの差異は幼芽と成葉と異ること，水温に差のあることなどによるものと考えられ，養殖においても幼芽期には，この実験にみられる程度の水温であることから，幼芽が障害を受ける干出前後の塩素

量は少なくとも7‰前後であると考えられよう。なお，実験1で塩素量を低下させた場合，障害が著しかったことは，水温および干出中ののり温度が高かったことと，干出前後の塩素量がやや低かったためと考えられるが，塩素量を変化させなかった場合とも比較して低塩分の影響は明らかにあり，これとのり幼芽において干出中の高温の影響とが相乗された結果と考えられる。また干出時間との関連についてはむしろ4時間干出が2時間干出より障害が少なかったが，これは干出前後の塩素量および平均塩素量が前者で高かったためとみられ，干出時間の長短と低塩分との相乗的影響は温度条件が同じであれば小さいと考えられた。

2. 幼葉について

実験3では4時間干出のみではあるが，実験開始後3日目，5日目と障害率は増加しなかった。実験4では，干出時間を2，3，4時間と変えてその影響のちがいをみたが，生長度は実験開始後2日目までではほとんど変らないが，6日目以降位から干出時間の長短で差を生じ，2時間干出ではその後も生長はよかったが，3，4時間干出では，9日目位から死細胞が増加して，疑似白ぐされ症を呈し，生長はその後は止まり，特に4時間干出では衰退した。病障害の進行については，実験開始時にわずかに死細胞斑がすでに認められた疑似白ぐされ初期（前駆）症状ののり試料であったが，2時間干出では9日後でもほとんど死細胞数は増加せず，わずかに細胞の液胞が大きく，その後も症状は進行しないままであったが，3，4時間干出では9日目位より疑似白ぐされ初期症状を呈する葉体は増加して，症状もかなり進行しており，死斑部は細胞が崩れるものも認められ，肉眼的にはカスレ状を呈する葉体が多くなった。

これらの実験の環境条件の差異についてみると実験3，4とも干出中ののり温度は，明期に水温より3～4°C高く，暗期では水温より低くなっており，干出時間の相違においては4時間干出の方が2時間干出に比べ1～2°C高いが差は小さかった。実験4では，干出中の気温，浸漬中の水温がわずかに上昇気味のなかで，特に3，4時間干出では2時間干出に比べて干出中ののり温度が1°C～3°C位高く，これと気温との差が小さく，また干出中ののり温度と浸漬直後水温との差がほとんどの場合大きいなど，のり体が受ける干出前後の温度変化の巾が広かった。

干出時ののりの含水率の変化をみると，葉体の大きさによるが干出時刻の相違や干出中の天候等もあって，干出後2時間までの乾燥は大体2，3，4時間の順に早いが，干出を終って浸漬直前の含水率は，各干出時間での差がそれほど表われていない。

以上の結果から，3，4時間干出の方が2時間干出に比べ干出中ののり温度の変化の巾が大きく，かつより高く，また干出中ののり含水率の低下が大きく，低い含水率のままの時間が長かったことなどの相乗作用がのりの障害をより進行させ，拡大させたものと考えられる。さらには，干出中ののり温度が干出前後の水温より高くなってもその時間あるいは干出時間が短かければその影響は小さいことが推察された。しかしながら，これらの実験において死細胞や異常細胞として既に実験開始時に存在していた疑似白ぐされ初期（前駆）症状が実験により拡大したものであり，必らずしも干出によってより大きく拡大したとは断定は出来ず，また3～4時間の干出が不適であるとはいえない。またこれらの干出時間の長短がのりの障害の進行に差を生じさせたことは，温度条件によるのか乾燥条件による影響が大きく現われたのかは明らかに出来なかった。

3. 成葉について

成葉については，干出時間のみを2時間，4時間とちがえた場合（実験5，6，7のⅡとⅣ）でみると，のりの生長度，病障害の進行は，実験5では葉体長約 3cm のものを用いたが，実験前に既に疑似白ぐされ初期（前駆）症状による黒，ピンク色の死細胞斑の存在が認められるのり試料であったが，実験を通して2時間干出に比べて4時間干出がわずかにこれらが増加したが，病症は軽く，進行は遅かった。これらをエリスロシン染色率による障害の判定からみると，実験開始時にエリスロシン染色率は3％であったが，2，4時間干出のいずれも，実験を通じて前半は染色率が低く弱い葉体はほとんどみられておらず，7日後には染色率が13～14％前後になりわずかに病症が進行したとみられたが，9，12日目の後半も染色率か

らみても病症が軽く，進行も遅かったことがうかがえた。また終了時の14日目には２時間干出で染色率15％であるのに対して，４時間干出では31％と高く，エリスロシン染色率では障害の度合が明確にあらわれていた。

実験６では葉体長 3～5 cm のものを用いたが，実験５と同様疑似白ぐされ初期（前駆）症状がわずかに認められるのり試料であったが，生長は２時間干出が４時間干出に比べ開始後６日目位から早く，明らかにまさり，病障害については，２時間干出では開始時にみられた死細胞斑が13日目以降にわずかに増加した程度であったが，４時間干出では６日目から死細胞斑の増加，壺状菌の寄生や色の褪色も認められ，13日目ではさらに死細胞斑の増加や壺状菌寄生の増加が著しく，ちりめん症の発生も認められ，干出時間の相違により明らかな差を生じた。これらをエリスロシン染色率による障害の判定からみると，実験開始時にエリスロシン染色率は13％と病障害の観察と同様に障害がすでに少しみられていたものが６日目には２時間干出では12％とむしろ低い染色率で，病症の進行は停止したことを示し，４時間干出では28％と高い染色率を示し，病症の進行にともない干出時間によって明確な差を生じたが，13日目には２時間干出が46％，４時間干出で71％と両者の染色率は高くなって，障害の度合が強くなったことが明らかであった。

実験７では葉体長 5～6 cm のものを用いたが，生長は４日目まではほぼ同様の生長速度であったが，２時間干出が４時間干出に比べ，その後は著しく早くなったが，４時間干出では生長が停止した。病症状の進行は，実験開始時すでに疑似白ぐされ初期（前駆）症状，壺状菌の寄生が目立ち，またどの葉体にも緑斑病，あかぐされ病などが観察されたが，７日目以後には２時間干出では疑似しろぐされ初期（前駆）症状，あかぐされ病は拡大せず，緑斑病はむしろ消失したのに比べ，４時間干出では疑似しろぐされ初期（前駆）症状は拡大し，緑斑病，あかぐされ病も小範囲であるが点在するようになった。これらをエリスロシン染色率による障害の判定からみると，実験開始時にエリスロシン染色率は38％と既に病症がひどいことを示したが，７日目以後には２時間干出では染色率が８日目41％，13日目28％と徐々に下がり，病症が拡大しなかったことを示したが，４時間干出では，染色率は開始時とほとんど変らず，病症状が強まりはしないが続いていたと判定された。

これらの実験における環境条件の差をみると，実験５では，干出中ののり温度をみると全期間中各干出時間での最高温度は明・暗期とも差は少ないが，平均温度では明期の高気温下にさらされるためか２時間干出が４時間干出に比べてやや高く，干出中ののり温度の変動巾は４時間干出が２時間干出に比べてやや大きくなった。また干出中ののり含水率については干出２時間後における結果では，測定したほとんどの日において４時間干出が２時間干出に比べて10～20％位高くなり浸漬直前との比較では，４時間干出が２時間干出より10～25％位低かった。

実験６では一般的に気・水温は低かったが，干出中ののり温度は明期ではほとんどの日で４時間干出が２時間干出より１°C前後高く，実験の後半でこの傾向が強く，また干出中ののりが受けた温度の変化の巾は明期で２時間干出で1.4～4.8°C，４時間干出で0.9～8.3°Cと４時間干出の方がやや大きかった。さらに干出中ののり温度と浸漬後の水温との差は２時間干出に比べて４時間干出が大きく，特に実験期間中の後半ではほとんどの日でのり温度が浸漬中の水温より高くなっていた。干出中ののり温度と気温の差をみても４時間干出が２時間干出に比べ，その変動差が大きく，特にのり温度が気温より上昇した場合もみられた。干出中ののり含水率については，干出２時間後における結果では測定した日のすべてで４時間干出が２時間干出より20％前後高い値を示し，浸漬直前との比較では４時間干出が２時間干出より15～35％低く示した。

実験７では一般的には気，水温は低かったが干出中ののり温度は２時間干出が４時間干出に比べてやや低く経過していたが，変動巾ではほとんど大きな差はみられなかった。６日目に干出中ののり温度が上昇して浸漬後の水温より高かったが，４時間干出で２時間干出よりこの変化の巾が大きかった。また干出中ののり温度と浸漬後の水温との差は２時間干出が４時間干出に比べ実験の前期の明期でやや低くなっていた。干出中ののり含水率については干出２時間後における結果については測定したすべての日とも４時間

干出の方が2時間干出に比べて 10～30% 位高く，浸漬直前との比較では，4時間干出が2時間干出より8～15% 位低く示し，同程度の含水率になってからの時間が長かった。

以上の結果を考察すると，のり葉体の大きさによって影響を受ける温度値には相違はあったが，のりの病障害は単に乾燥度によって大きく進行するのではなく，干出前後の水温より上昇すること，干出時間の長いこと，干出中ののり含水率の低下が大きく，低い含水率のままの時間が長く経過したことなどが相乗して，のり細胞の生理に障害を与え，特に疑似しろぐされ初期症状などの進行を促していると考えられた。またのりは干出したとき比較的低い温度で，短時間に適当な乾燥度（干出直後の 30% 位の重量）に達し，干出時間が短かく，干出前後に受ける温度変化の巾がせまいと生理的障害を生ずることが少ないと考えられ，これらと逆の条件では生理的障害を受けると推察された。乾燥とのりの生理については，尾形[3]は光合成の回復は乾燥に対して極めて早いと報告され，渡辺ら[4]は水分 30% までの乾燥では海水に浸漬した場合速かに葉体生理上の常態に戻るが，それ以上脱水された場合は著しく遅れ，乾燥がはなはだしい場合は細胞に大きな生理的障害を生じると考えられると報告されている。これらの報告と本実験結果と合せ考えると，過度の乾燥はのりに生理障害を与えるであろうが，これが直ちに細胞死を招くのではなく，長時間の干出，干出中ののり温度の上昇，干出後浸漬したときの水温との差による温度変化などが加わると生理的障害が単に乾燥による場合よりさらに強く表われる。またすでに不健全な細胞やわずかな病症を生じた細胞では死に至るのではないかと推察される。なほ実験5，6，7とも水平駆動速度および干出時間を変えた場合について，これらの環境条件の差異が病障害の進行にどのような影響を与えるかを検討したが，これらの実験では不充分で明らかな結果は得られなかった。

幼葉，成葉については，実験で得られた病障害の原因が高温そのものか長時間干出による乾燥過多（最終的な含水率からみて）によるものかはさらに明らかにする必要があり，またのりの生長速度の差により含水率が変化をすることも検討する必要があろう。さらには本実験においては供試材料として健全な葉体が得られなかったため，疑似しろぐされ症の初期（前駆）症状とみられる死細胞や異常細胞を生じさせる環境条件を十分には明らかに出来なかった。また屋外タンクでは，実験が天候に支配されやすく，かつ温度調節が十分でなく，漁場における環境より単純化されてはいるものの病症の発生・進行の原因となる環境要因を解明するにはさらに制御された環境条件下で実験を行い，さらには生物的環境，化学的環境要因をも含めて各種の病症害の発生・蔓延の原因を究明する必要があろう。

要　　約

のり幼芽，幼葉，成葉期の病障害の発病，進行に及ぼす影響について自動干出，水平駆動装置をもつ屋外タンク培養法で干出時間（干出時刻），水平駆動速度および海水の塩素量などの環境条件を調節して実験を行い次の結果を得た。

1，のりの幼芽は昼の干出時の気温が 24°C 以上の高温期に干出時間が長いと干出中ののり温度が上昇し，浸漬水温が 20°C 以上になる条件が加わったなら，生理障害を受ける。

2，のり幼芽は通常，漁場であり得る温度条件下でも，浸漬中の平均塩素量が11～14‰なら，或は干出（直前）時ならびに浸漬（直後）時の塩素量が7‰前後ならば低塩分の影響によって障害を受けやすく，それらの障害は気・水温が高ければさらに大きくなる。

3，のりの幼葉，成葉では干出時間が長く，しかも干出中ののり温度が高くなれば，さらには干出後の浸漬時および浸漬後の水温と干出中ののり温度との差が大きいこと，のりの乾燥度が大きいことも加わると，のり死細胞斑の増加などの生理障害によるとみられる疑似しろぐされ初期（前駆）症状が進行する。

4，幼葉，成葉ではのり葉体の大きさにより，また干出中ののりが受ける温度の相違にもよるが，のりは干出した時，比較的低い温度でしかも適当な乾燥度（干出直後の30～40%の重量）に達するなら疑似しろぐされ初期症状などによる生理的障害を受けることが少なく，またそれからの進行もおそい。

謝　　辞

本実験を進めるにあたり，実験の環境，生育調査等に御協力頂いた広島県農林事務所改良普及員柳谷弘道氏に厚く御礼申上げます。

文　　献

1) 須藤俊造，斉藤雄之助，秋山和夫，梅林　脩，1972：のりの病気の種類とその病徴．東北区・東海区・南西海区水産研究所，7〜37.

2) 喜田和四郎，朝倉章夫，深津　功，須藤俊造，1970：タンク培養によるノリ生育条件の実験的検討．伊勢湾奥部漁業開発調査報告書資料集，1（三重県），53〜63.

3) 尾形英二，1964：アサクサノリの生理と病理．植物生理，4（3），171〜182.

4) 渡辺　競，加藤　盛，阿部和夫，鈴木健三，1971：宮城県下のノリ漁場における白グサレ病の発生機構に関する研究—II．のりの葉体生理に及ぼす干出の効果について，宮城県水産試験場報告，5，1〜14.

赤潮生物 *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemieutreptia antiqua* HADA, *Eutreptiella* sp. がのり幼芽に与える影響について-I

吉川浩二

Effect of *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemieutreptia antiqua* HADA and *Eutreptiella* sp. on the Growth of Nori (*Porphyra*) in Culture-I

Kôji YOSHIKAWA

Recently, various types of red tide on the coastal area of Japan has occured and some of them has lasted till autumn. It has been reported that Nori in the culture ground was affected by red tide, especially on the growth of bud of Nori. We have not known about mechanism of them.

In this studies, the auther intended to examine the relationships between increase of red tide planktons and time course of change of pH, Eh, DO in culture medium, and the effect of marine plankton, *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemieutreptia antiqua* HADA and *Eutreptiella* sp. obtained in Hiroshima Bay, in August, 1971.

1. It is assumed that the rise of pH, Eh and DO by *Heterosigma* and *Eutreptiella* more than $2\sim3\times10^4$ cells/ml and *Hemieutreptia* more than 5×10^2 cells/ml effected on the growth and injuried the cell of Nori.

2. In this studies, the growth of red tide planktons, change of pH, Eh, DO by red tide planktons and growth and injury of bud of Nori was observed in the order of *Heterosigma, Eutreptiella, Hemieutreptia.*

3. The increase of any of three red tide planktons and the effect of red tide planktons on the bud of Nori was observed in the culture in order Aeration, Contorolled-atomospheric exposure, Non-aeration.

From these results, it could be said that if red tide remaind longer in the culture ground and if calm and warm weather lasted long, the change of pH and DO was great and the effect of red tide on the bud of Nori was enlarged. When red tide planktons has increased remarkably with other conditions, the growth of bud of Nori seemed to be affected not only the change of pH and DO in the culture medium but also the amount of light, nutrient, mucas and excrete.

近年，赤潮の発生は益々多種多様な形で現われ，その発生時期も拡大して秋にまで及び，のり養殖時，特に採苗・育苗期に被害を及ぼしたと推察される事例がいくつか報告されている[1),2),3)]。しかし，赤潮生物がのりに及ぼす影響の度合およびその被害機構についての実験例も少なく，知見も乏しい。

本研究は室内実験により赤潮生物の増殖と海水の水質の変動およびのり幼芽の生育との関連を明らかにし，赤潮生物がのり幼芽に及ぼす被害機構を究明することを目的とした。著者らは[7)]，1970年に培養フラスコ瓶内における赤潮生物の繁殖状況による培養海水中の pH, Eh, DO の変化を把握し，この変化がのり幼芽の生育に影響を及ぼしていること，特にヘテロシグマが存在し，その濃度が高いほどのり幼芽の生育

1974年4月5日受理　南西海区水産研究所業績45号

を阻害することなどの知見を得たので，さらに実験を進めたが，本実験では赤潮生物の増殖にともないpH, Eh が上昇し，のり幼芽の生長阻害や細胞の障害の度合が強くなること，また赤潮生物の種類によってそれらに違いが現われることを認めたので報告する。

実験材料および方法

赤潮生物は秋に発生の頻度が高いとみられるヘテロシグマ（*Heterosigma inlandica* HADA)[4]，ムカシウウミミドリムシ（*Hemieutreptia antiqua* HADA)[5] および岡市が「青潮」と呼んでいる *Eutreptiella* sp[6] の3種類を用いた(Fig. 1)。これらは1971年夏季に広島湾で発生したものを広島県水試が単種分離したもので，Table 1 に示した赤潮培養海水 B で室内培養したもの（原液）を各々実験開始時に稀釈して実験に供した。

本実験では培養フラスコ瓶を用いた実験と水温，光，干出時間を調節して漁場における生育条件に近い条件下でのりを育てる自動干出・水平駆動装置を用いて実験を行なった。培養瓶内での実験は培養ケース内（ショーケースを改良し，前面に螢光灯を設置）にセットした 500 m*l* のり培養フラスコ瓶に赤潮生物原液を培養海水で所定の濃度に稀釈した中に，のりの糸状体からクレモナ5号単糸に着生させ，Table 1 に示した培養海水 A を用いて通常のフラスコ培養法により生育させたのり幼芽を入れて行なったが，培養フラスコ瓶内で僅かに通気させた場合と BOD 測定用フラン瓶内（密栓）で無通気とし3時間毎にスター

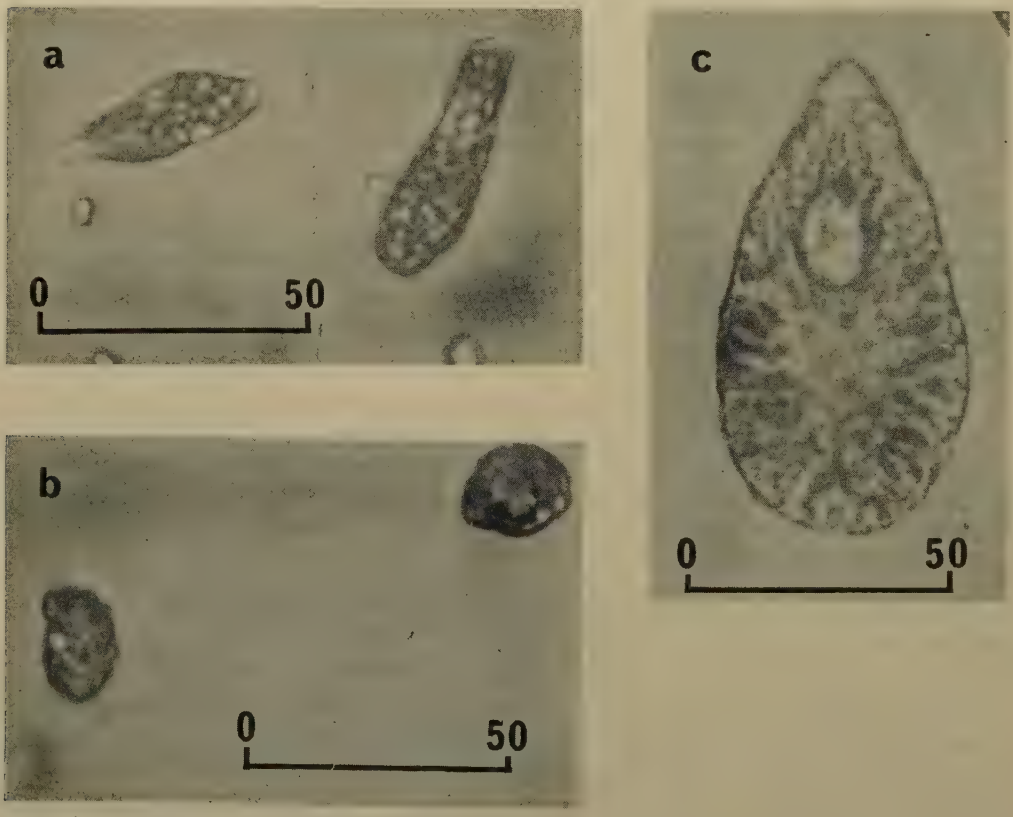


Fig. 1. Microscopical photograph of red tide planktons.
a. *Eutreptiella* Sp. b. *Heterosigma Inlandica* HADA c. *Hemieutreptia antiqua* HADA (×600)

Table 1. Composition of culture medium.

A			B		
Sea water (boil)	1000	ml	Sea water (boil)	1000	ml
P1 metals	4	ml	Es. metals	10	ml
Vitamin B_{12}	1.5	r	P1 metals	5	ml
$NaNO_3$	0.2	g	"Tris,, buffur	0.1	g
NaH_2PO_4 12HO	0.025	g			
pH	7.9		pH	8.2	
Eh	+350	mV	Eh	+283	mV

ラーで攪拌させた場合とに分けて実験した。

水温，光，干出時間（時刻を含む）が調節可能な自動干出・水平駆動装置（Fig. 2）を用いての実験は，11月下旬に当研究所沖の漁場で二次芽採苗したのりを網糸のまま切り取り，これを装置に取り付けて各々赤潮生物が存在する培養海水（65*l*容，Cl 17.5‰）を用い，恒温室内で水温を調節，照明は螢光灯下2,200～2,400lux.，1日9時間照射（8時～17時，この間を明期それ以外は暗期）とし，干出は昼夜とも2時間の条件下で実験した。

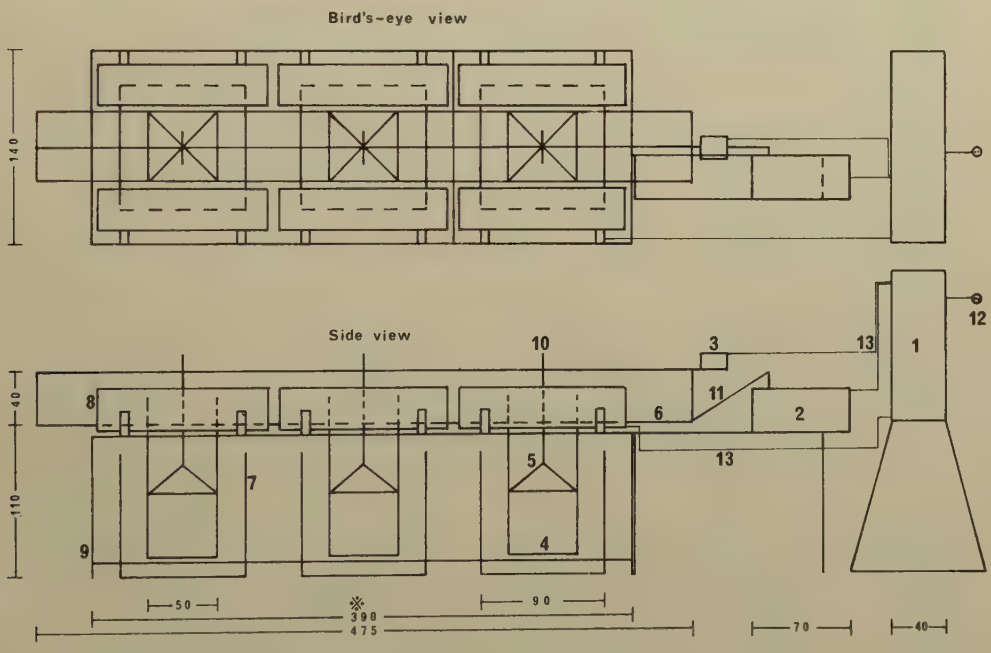


Fig. 2. A shaking culture appratus of Nori with controlled-atomospheric exposure.

1: swichbord
2: motor
3: turning gear
4: frame
5: culture frame
6: rack for horizontal motion
7: culture tunk
8: light
9: rack
10: turning shaft
11: crank shaft for horizontal motion
12: sourse of electricity
13: wiring cord
* is shown in cm.

これらの実験において，開始時および3～5日目毎にのり幼芽についての生長および細胞の障害の度合（総個体数の中で異常細胞をもつ個体数の割合を障害率で表わした）の顕微鏡観察を行い，赤潮生物についてはその濃度の増殖，減衰の変化を測定し，さらに10時（照灯後2時間），16時（消灯前1時間），19時（消灯後2時間），22時（消灯後5時間）および翌朝7時（照灯前1時間）に培養海水中の pH, Eh, DO の測定を行なった。なお実験中の培養海水は換水しないまま行なった。

pH, Eh の測定は東芝ベックマン製 LAB M—MATE—pH 計（使用電極は pH 復合電極 39142 型，Eh 復合電極 39186型）で，DO はウインクラー法と給水化学製 TP 型溶存酸素計を併用して測定し，また，赤潮生物濃度は実験海水からキヤピラリー型ミクロピペット（CLAY ADAMS 社製 "Yankee Micropet" 精度±0.5%，5λ または 10λ）で採水したものを顕微鏡で全量計数して測定を行なった。

実験結果および考察

実 験 I

培養フラスコ瓶を用いて無通気の場合と通気した場合について数回実験を行なったが，その一例としてのり幼芽の生長および障害の状態を Table 2 に，培養海水中の pH, Eh, DO の変化の観測結果を Table 3 および Fig. 3 に示した。

Table 2. Effect of *Hetrosigma*, *Hemieutreptia* and *Eutreptiella* on the growth of Nori in culture with culture vase.

			Control	*Heterosigma*	*Hemieutreptia*	*Eutreptiella*
Start	Aeration and Non-aeration	Growth	±	±	±	±
		Injury	− 24% A	− 24% A	− 24% A	− 24% A
		Color	+	+	+	+
		Growth, Red Tide Plaknton (cells/cc)	None	25800	2700	27000
After 5 days	Non-aeration	Growth	+ +	−	+	− −
		Injury	− − 50%>	− − 89%	− − 55%	− − 83%
		Color	+	±	−	− −
		Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	54300	2400	54300
	aeration	Growth	+	−	− − −	− −
		Injury	− 20%	− 49%	− − − 100%	− − − 100%
		Color	+	±	− −	− −
		Growth, Red Tide Plaukton (cells/cc)	None	249900	3300	87800

Condition: 5 days after seedling, W.T 18.6～19.5°C, Cl. 14.9～16.4‰

Growth:
+ + best
+ better
± common
− worse
− − worst
− − − died

Injury:
+ none
± 10～30%
− 31～50%
− − >51%

Symptom of injury:
A — shrinkage of cells and chromatophore
B — vacuole enlargement
C — color of cell
D — cell decay
E — abnormal of cell
F — bud blight or bud injury

Color:
+ normal
± abnormal
− failing
− − failed

Table 3. Time course of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture vase.

	Time		Control			*Heterosigma*			*Hemieutreptia*			*Eutreptiella*		
			O_2 ml/l	pH	Eh mV	O_2 ml/l	pH	Eh mV	O_2 ml/l	pH	Eh mV	O_2 ml/l	pH	Eh mV
Start	Non-Aeration	10	5.91	7.75	+390～+349	6.00	8.28	+360～+320	5.96	8.28	+311～+290	5.98	8.38	+333～+302
		16	6.48	7.90	+346～+321	7.98	8.28	+325～+310	8.72	8.30	+325～+319	8.96	8.42	+315～+302
		19	5.95	7.80	+325～+315	7.25	8.35	+320～+309	7.60	8.35	+320～+309	8.33	8.40	+319～+303
		07	5.36	7.80	+380～+340	5.64	8.25	+283～+294	5.57	8.25	+273～+282	5.95	8.40	+330～+301
	Aeration	10	5.91	7.75	+390～+349	6.00	8.28	+360～+320	5.96	8.28	+311～+290	5.98	8.38	+333～+302
		16	6.23	7.75	+362～+332	6.65	8.28	+320～+308	6.79	8.20	+316～+307	6.76	8.35	+318～+302
		19	5.95	7.77	+322～+312	5.71	8.10	+330～+310	6.23	8.20	+320～+305	6.09	8.23	+322～+305
		07	4.83	7.90	+346～+326	4.90	7.92	+280～+290	5.04	7.95	+268～+290	5.11	8.02	+312～+303
After 5 days	Non-Aeration	10	6.16	7.77	+322～+308	>10.50	8.63	+300～+291	8.37	8.30	+326～+300	>10.50	8.85	+310～+238
		16	6.30	7.80	+344～+321	>10.50	8.65	+333～+309	9.14	8.40	+339～+308	>10.50	9.00	+310～+228
		19	5.14	7.80	+344～+327	>10.50	8.60	+329～+304	6.76	8.45	+345～+305	>10.50	9.00	+323～+230
		07	5.32	7.85	+350～+329	7.46	8.60	+341～+315	5.15	8.40	+340～+310	6.79	9.00	+331～+230
	Aeration	10	6.41	7.80	+354～+326	8.56	8.20	+328～+308	7.03	8.00	+333～+308	6.86	8.08	+340～+316
		16	6.37	7.90	+341～+319	7.11	8.50	+365～+312	6.65	8.15	+328～+299	6.23	8.20	+332～+303
		19	5.43	7.85	+340～+319	5.67	8.40	+348～+312	5.60	8.10	+320～+300	5.39	8.20	+340～+310
		07	4.58	8.00	+348～+329	4.76	8.10	+369～+332	4.83	7.98	+330～+309	4.76	8.00	+336～+315

The bud of Nori were kept during experiment in the culture medium under light intensity from 2200 to 2400 lux., illuminated for 9 hrs. from 8 a.m. to 5 p.m. per day.

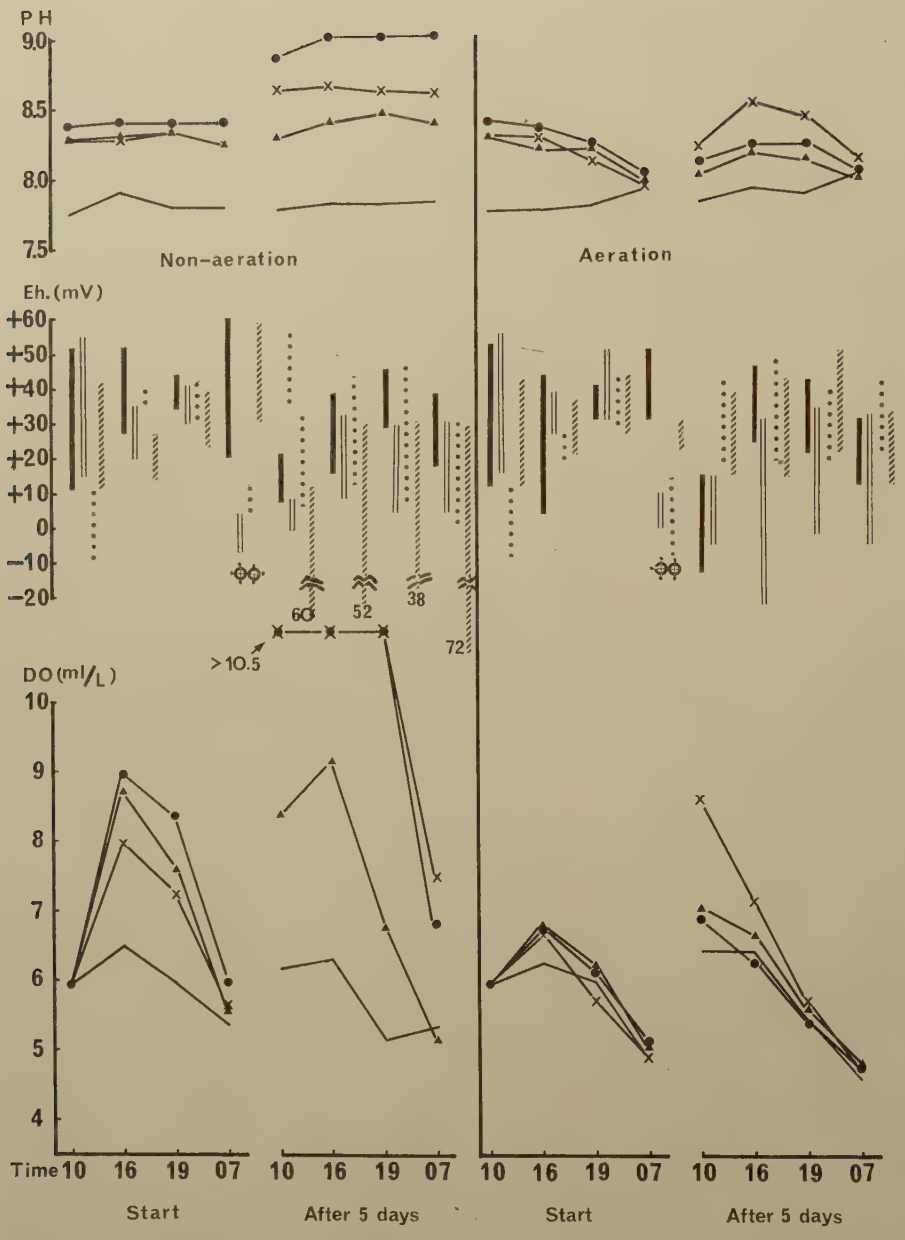


Fig. 3. Time course of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture vase.

—— : —— Control　　▲——▲ : ••• *Heterosigma*

×——× : ═══ *Hemieutreptia*　　●——● : //// *Eutreptiella*

i) 無通気での実験

実験開始時に赤潮生物の存在する培養海水中の pH はヘテロシグマ，ムカシウミミドリムシ区で pH 8.25～8.35，青潮区で8.38～8.42で明暗期によっても変化は少なく，DO は明期中に対照区の 6.48ml/l に

比べてヘテロシグマ区で7.89 ml/l, ムカシウミミドリムシ区で8.72 ml/l, 青潮区で8.96 ml/l になっており, かなりの上昇がみられていた。実験開始5日後では, DO はいずれの赤潮生物の存在する培養海水中でも10時, 16時の明期中および19時の暗期前半に増加し, pH 値はヘテロシグマ区でpH 8.60～8.65, ムカシウミミドリムシ区で8.30～8.45, 青潮区で8.85～9.00を示してかなりの上昇がみられ, 日中の変化もDOと同様な変化の傾向がみられた。特にヘテロシグマ区, 青潮区では54,300 cells/ml と赤潮濃度が開始時に比べて約2倍と高くなっていたためこの傾向は甚しく, DO の値も10.5 ml/l 以上という過飽和状態を示した。また Eh の差値*も赤潮生物の存在しない対照区が比較的変化が小さいのに比べて, 赤潮生物の増殖した海水中ではやや異なった変化を示すようで, その変化が大きくなり, 特に青潮区では著しかった。これらpH, Eh, DO の変化にともなうのり幼芽に対する生長阻害, 細胞に与える障害の度合は, 対照区が実験開始時ののり幼芽の大きさが10～16細胞のものや縦2分裂であったが, 開始後5日目では生長が縦4～8分裂の幼芽がほとんどで良好なのに比べて, ヘテロシグマ, 青潮区では, 生長は縦1～2分裂の幼芽がほとんどでまれに縦6分裂のものがみられる程度で悪く, 縦分裂が遅れるか停止しており, ムカシウミミドリムシ区は縦2～4分裂の幼芽がほとんどでまれに縦8分裂のものがみられて前2種より生長の遅れがやや弱く現われた。また, 細胞の障害の度合は対照区で開始後5日目に障害率50%以下なのに比べて, ヘテロシグマ区で89%, ムカシウミミドリムシ区で55%, 青潮区で83%で, ヘテロシグマ・青潮の存在する培養海水で特に悪かった。

ii) 通気での実験

実験開始時においては, 各々の赤潮生物の存在する培養海水中の DO の一日の変化はヘテロシグマ区で4.90～6.65 ml/l, ムカシウミミドリムシ区で5.04～6.79 ml/l, 青潮区で5.11～6.76 ml/l であり, 対照区のそれは 4.83～6.23 ml/l であり, 対照区に比べて DO の変化の巾および上昇は少なかった。実験開始5日後では, 無通気の場合に比較して赤潮生物の増殖が盛んでヘテロシグマ区で249,900 cells/ml と約10倍, ムカシウミミドリムシ区で 3,300 cells/ml と約1.3倍, 青潮区で 87,800 cells/ml と約3倍の増殖がみられ, この場合の pH 値はヘテロシグマ区で pH 8.10～8.50 で開始時の pH 7.92～8.28 に比べてやや高い値を示したが, ムカシウミミドリムシ区では pH 7.98～8.15 で開始時 pH 7.95～8.28 よりむしろ低い値を示し, 青潮区でも pH 8.00～8.20 で開始時 pH 8.02～8.38 より低い値を示した。DO は光の照射が開始された直後(2時間後)にいずれも上昇したが明期でも徐々に減少し, 赤潮生物が増加した場合, ヘテロシグマ区で 4.76～8.56 ml/l, ムカシウミミドリムシ区で 4.83～7.03 ml/l, 青潮区で 4.76～6.86 ml/l と過飽和状態のみられた無通気の場合より, 値も低く, 変化も少なく, 無通気の場合とは異なっていた。Eh の差値は赤潮生物の存在する海水中では対照区に比べてやや大きく変化する程度で, ヘテロシグマ区での急激な増殖にもかかわらずその変化の巾が僅かに大きくなる程度であり, それらの変化は無通気の場合に比べて全て小さかった。

このように, 試験区では pH, Eh, DO の水質の変化が少なかったにもかかわらず無通気の場合よりものり幼芽の生長はやや悪く, 細胞に与える障害においても, 対照区が実験開始時に比べて5日後の方が障害率が低くなったのに, ヘテロシグマ区では49%の障害率で, 青潮, ムカシウミミドリムシ区では100% の障害率を示してむしろ強く現われていた。これらのことは, 赤潮生物ののり幼芽に与える影響が pH, Eh, DO などの水質の変化による影響のみではなく赤潮生物の増殖, 特に濃度の増大それ自体による栄養塩の不足, 赤潮生物からの老廃物, あるいは受光量の不足などが影響するのではないかと考えられる。

実 験 II

自動干出・水平駆動装置を用いた場合ののり幼芽の生長および障害の状態を Table 4 に, 培養海水中の pH, Eh, DO の変化の観測結果を Table 5 および Fig. 4 に示した。

---

* Eh の差値とは, 一般的には絶対値で表わされる例が多いが, 本実験では pH 6.88 のリン酸緩衝液中の10分後における指示値を読み, それの値から各々実験海水の最初の指示値および10分後の指示値を差し引いた値である。ここでは二つの差値とその両者間の巾の変動をもって示した。

Table 4. Effect of *Heterosigma* and *Hemieutreptia* on the growth of bud of Nori in culture tank with controlled-atomosheric exposure.

		Control	*Heterosigma*	*Hemieutreptia*
Start	Growth	+	+	+
	Injury	+	+	+
	Color	+	+	+
	Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	19800	500
After 2 days	Growth	+	+	+
	Injury	+	+	± D
	Color	+	+	+
	Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None		
After 4 dyas	Growth	+ +	+	+
	Injury	+	± D	− A, D
	Color	±	±	±
	Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	38700	850
After 8 days	Growth	+ +	+	±
	Injury	±	± D, E	− − A, D
	Color	+	±	±
	Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	57400	2650
After 14 days	Growth	+ +	+	+
	Injury	± 17%	− − 50% D, E, F	− − 50% D, E
	Color		±	−
	Growth, Red Tide Plankton (cells/cc)	None	133200	3200

Condition; 7 days after sporulation from Nori in culture field.
W. T. 16.8～21.6°C Cl. 17.5～18.1‰

培養海水中の DO の変化は対照区が実験開始時 5.95～6.03 m*l*/*l*, 実験開始 4 日後で 5.40～5.72 m*l*/*l*, 8 日後で 4.94～5.11 m*l*/*l* と実験開始後より徐々に値が下がるのに比べて，ヘテロシグマ区では開始時 6.43～7.50 m*l*/*l*, 4 日後 5.88～7.85 m*l*/*l*, 8 日後 5.52～8.49 m*l*/*l* と赤潮生物の増殖にともない DO 値が上昇しており，特に日変化の巾が大きくなった。ムカシウミミドリムシ区ではヘテロシグマ区ほどの変化はみられないが実験開始時 6.14～6.94 m*l*/*l*, 4 日後 5.42～6.60 m*l*/*l*, 8 日後 5.59～7.43 m*l*/*l* と小さな変化がみられた。pH 値もヘテロシグマ区では開始時 pH 8.39～8.42, 4 日後 8.40～8.45, 8 日後 8.40～8.59 を示し，ムカシウミミドリムシ区では開始時 pH 8.04～8.15, 4 日後 8.02～8.41, 8 日後 8.20～8.34 と示して DO と同様な傾向がみられた。また Eh の差値は，ヘテロシグマ区，ムカシウミミドリムシ区とも対照区に比べてやや変化の巾が小さくなったがあまり明らかではなかった。

これらの水質の変化を受けてののり幼芽の生長および細胞に与える障害の度合は，生長ではいずれの実験区とも開始時 4～8 細胞の幼芽であったが，対照区では 4 日後 7～9 細胞の幼芽および縦 2 分裂の生長の速い幼芽もみられ，8 日後には縦 2～4 分裂になりほぼ順調に生長したのに比べて，ヘテロシグマ区では 4 日後 7～8 細胞や縦 2 分裂でやや対照区に比べて生長は遅くなり，細胞の障害も細胞のクズレなどが

Table 5. Time couse of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture tank with controlled-atomospheric exposure.

Time		Control			*Heterosigma*			*Hemientreptia*		
		O_2 ml/l	pH	Eh mV	O_2 ml/l	pH	Eh mV	O_2 ml/l	pH	Eh mV
Start	10	5.95	8.07	+403～+340	6.48	8.39	+360～+312	6.29	8.04	+365～+319
	16	5.96	7.96	+385～+332	7.46	8.39	+370～+319	6.94	8.09	+350～+312
	19	5.94	7.90	+362～+320	7.50	8.40	+350～+313	6.79	8.11	+345～+313
	22	5.98	7.90	+360～+320	6.92	8.40	+335～+309	6.57	8.15	+343～+316
	07	6.03	8.00	+375～+330	6.43	8.42	+365～+315	6.14	8.10	+355～+319
After 4 days	10	5.72	7.96	+365～+334	6.56	8.40	+360～+315	6.04	8.15	+349～+315
	16	5.51	7.92	+365～+320	7.85	8.45	+350～+308	6.60	8.20	+340～+310
	19	5.47	7.90	+345～+323	7.56	8.44	+340～+300	6.40	8.41	+335～+300
	22	5.42	7.90	+347～+320	6.86	8.40	+330～+305	6.06	8.15	+340～+307
	07	5.40	7.85	+348～+313	5.88	8.40	+341～+309	5.42	8'02	+334～+310
After 8 days	10									
	16	4.94	7.88	+378～+320	8.49	8.59	+350～+293	7.43	8.34	+340～+294
	19	4.96	7.90	+400～+335	7.85	8.53	+350～+302	7.00	8.31	+350～+312
	22	5.03	7.90	+405～+344	6.88	8.47	+370～+311	6.44	8.30	+355～+315
	07	5.11	7.80	+423～+363	5.52	8.40	+385～+330	5.59	8.20	+370～+330

The bud of Nori were kept during experiment in the culture medium under light intensity from 2200 to 2400 lux., illuminated for 9 hrs. from 8 a.m. to 5 p.m. per day.

現われ始め，8日後には12～14細胞やまれに縦2～4分裂の幼芽もみられたが異形細胞などが観察され，14日後には縦1～2分裂で生長の停止がみられ，一部死んだ幼芽も観察された。またムカシウミミドリムシ区では実験開始4日後には生長が6～9細胞がほとんどでまれに縦2分裂の幼芽がみられたが対照区より生長が悪く，細胞の萎縮やクズレなどの障害が観察されるようになり，8日後には生長は9～16細胞がほとんどでまれに縦2～4分裂の幼芽もみられたが生長の遅れがみられ，障害も縦分裂の異常や細胞のクズレなどが観察され，14日後には生長が縦2分裂までの幼芽がほとんどで，まれに縦4～8分裂の幼芽も僅かにみられたが対照区に比べ遅く，障害も異形細胞がかなり増加して障害率も高く悪かった。この実験結果では，ヘテロシグマ区の場合は赤潮生物濃度が開始時19,800 cells/m*l*，4日後38,700 cells/m*l*，8日後57,400 ce,ls/m*l*，14日後133,200 cells/m*l*となり赤潮生物の増殖にともなうpH, Eh, DOの上昇がのり幼芽の生長障害や細胞に与える障害の度合を大きくさせた要因と考えられるが，ムカシウミミドリムシ区では赤潮生物濃度が開始時500 cells/m*l*，4日後850 cells/m*l*，8日後2,650 cells/m*l*，14日後3,200 cells/m*l*であり，赤潮生物の増殖速度は遅くヘテロシグマ区に比べてpH, DOの上昇も小さかったが，のり幼芽の生長阻害や細胞に障害を与えた度合はかえって大きく現われており，これはpH, DO以外の要因，たとえばムカシウミミドリムシの粘液や分解物質などが何らかの影響を与えているのではないかと推察された。

以上これらの結果を総合して考察すると

多くの赤潮生物についての好適pH，塩素量や増殖促進因子等の栄養生理の研究[4),8),9),10),11)]は多くなされて実験室内で赤潮現象を再現することが可能となり，一方では天然漁場における赤潮の構成種や発生要因[8),13),14)]，発生機構の解明等もかなりなされ急速に進歩した。しかしながら水産生物を対象とした赤潮生物が与える影響については，魚貝類では調査，研究[12)]が検討され始めたにすぎず，藻類についてはほとんど報告がない。赤潮生物がのり幼芽に及ぼす影響としては，赤潮生物の多量発生後における分解物，腐

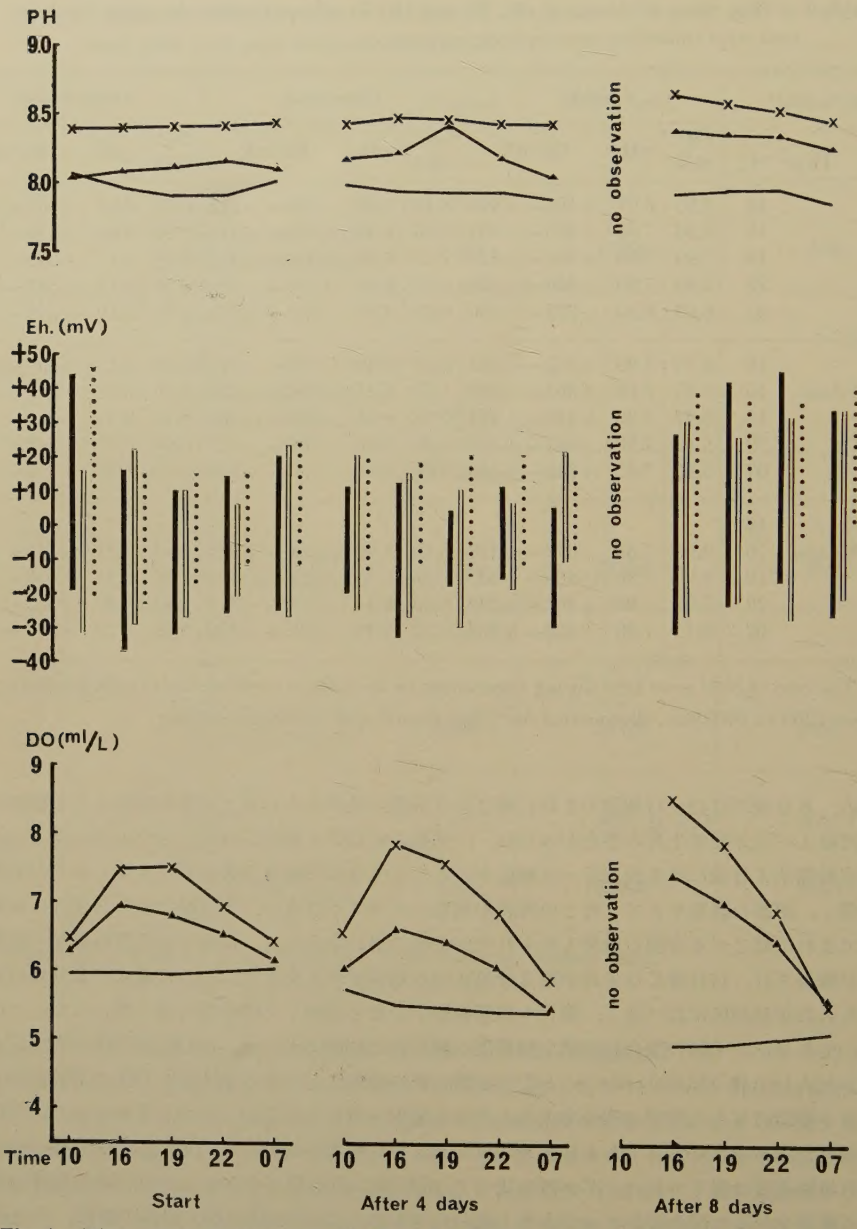


Fig. 4. Time course of change of pH, Eh and DO in culture medium by using a culture tank with controlled-atomospheric exposure.

—— : —— Control ×——× : ═══ *Heterosigma* ▲——▲ : ••• *Hemieutreptia*

敗物などによる O_2 の消費やプトマインのような毒物の発生による漁場環境水の悪化，あるいは赤潮生物ののり幼芽への多量付着によるガス交換障害，のり幼芽との栄養塩吸収の競合作用などがあげられよう。しかしながら，これらの予想される各々の要因を実験条件としてのり幼芽に及ぼす影響について一挙に解明することとは現状としては甚だ困難である。従って本研究では赤潮生物を好適条件のもとに育てるとと

もに，のり幼芽の生育好適条件に近い条件下に設定して赤潮生物の増殖濃度（速度）を調べそれに伴うpH, Eh, DO などの諸要因をとりあげ，それらとのり幼芽の生育および細胞に与える障害との関連を検討した。赤潮生物の増殖に伴う pH, Eh, DO の変化のみではのり幼芽に与える影響要因が全てとは云い難いが，尾形[15),17)] はアサクサノリの呼吸に及ぼす pH の影響について高 pH, 特に pH 9.1～10.2 にかけて急激な呼吸の低下をきたし，かつ細胞の傷害の程度を大きくさせる，また光合成についても pH の上昇は低下をまねき，さらには光合成と関連して生長するに必要な海水中の CO_2, 光などが不足すると生長を防げると報告[16)] しており，本実験の無通気培養による実験にも赤潮生物の増殖による pH の上昇や DO の過飽和状態がみられており，このことがのり幼芽の光合成作用の抑制に関与しているものと考えられる。さらには個体数密度の高くなるヘテロシグマや青潮の存在する培養海水中においては受光量の不足が光合成作用を低下させていよう。また培養海水中の栄養塩に対する変動が生じる，すなわち赤潮生物やのり体の総栄養塩量は多いが，溶存する有効な栄養塩が赤潮生物の増殖により消費され減少することが予想され，このことがのり幼芽の生長阻害や細胞に与える障害の度合をさらに助長させているものと推察される。本実験の中でも無通気にした場合には赤潮生物の増殖は通気培養や干出・駆動培養に比べてやや遅くなるが，のりに与える生長阻害や障害の度合が強く現われていること，実験方法によって赤潮生物の増殖速度が違うことなどの結果から，のり幼芽期に赤潮生物が増殖した後，長期間漁場に停滞し，静穏，温暖な日が続いた時などは pH, DO の日変化の巾が増大してのり幼芽に与える影響は大きいと思われるが，諸条件により赤潮生物濃度が甚しく高くなった場合には，pH, DO の変化のみではなく，受光量の不足，栄養塩の不足，赤潮生物による粘液や老廃物などによる影響が推察される。

上記の実験をも含めて，赤潮生物が増殖した後に減衰した場合の影響，あるいは培養海水中の赤潮の生残した数と死んだ数との割合が変わった場合の影響，また pH, Eh, DO それ自体の変化による影響などについて今後更に検討する必要があろう。

要　　約

赤潮生物がのり幼芽に及ぼす影響について，秋期に発生の多いヘテロシグマ，ムカシウミミドリムシおよび青潮を培養した海水中にのり幼芽を入れ，無通気，通気した場合と，水温，光，干出時間（時刻）が調節可能な自動干出・水平駆動装置を用いて実験した結果，次のことについて知見を得た。

1．ヘテロシグマ，青潮では $2\sim3\times10^4$cells/ml 以上，ムカシウミミドリムシでは 5×10^2cells/ml 以上の赤潮生物が存在すれば pH, DO の上昇による水質の変化が現われ，のり幼芽の生長阻害や細胞の障害が表われた。

2．本実験を通じて赤潮生物の増殖度，pH, Eh, DO の変化の度合およびのり幼芽の生長阻害，細胞に与える度合は実験条件の如何にかかわらず全てヘテロシグマ，青潮，ムカシウミミドリムシの順に強かった。

3．実験に供した赤潮生物3種を通じて赤潮生物の増殖の度合は通気培養，干出・駆動培養，無通気培養の順に大きく，またのり幼芽の生長阻害，細胞に与える障害の度合は通気培養，干出・駆動培養，無通気培養の順に大きかった。

謝　　辞

本実験を行なうにあたり，研究の御指導ならびに本稿の取りまとめに終始御懇切な助言と校閲を賜った当研究所増殖部長斉藤雄之助博士に，本稿の校閲を賜った当研究所病理研究室長野上和彦技官ならびに月館潤一技官に，また実験に用いた赤潮生物の採集，培養方法等に有益な御教示を頂いた広島県水産試験場高山晴義技師に対して厚く感謝致します。

文　　献

1) 三重県水産試験場，1972：昭和47年漁場汚染対策協議会報告資料，１～２．
2) 愛媛県水産試験場，1970：漁場環境に関する調査研究報告資料，（昭和37～44年度），20～21.
3) 愛知県水産試験場，1972：昭和47年漁場汚染対策協議会報告資料（赤潮調査），２～５．
4) 岩崎英雄，1969：赤潮鞭毛藻に関する研究．日水誌，35（10），943～947.
5) 高山晴義，1972：1969および1970年広島湾に発生した鞭毛藻について．広島県水産試験場研究報告，３，１～７．
6) 岡市友利，1969：海産 *Eutreptiella* Sp. による青潮について．日本プランクトン学会報，16（2），115～121.
7) 水産庁南西海区水産研究所，農林省水産大学校，1972：赤潮生物，ヘテロシグマおよびムカシミドリムシののり幼芽に及ぼす影響について．瀬戸内海漁場汚染対策研究報告（昭和46年度），224～229.
8) 科学技術庁研究調整局，1971：内海水域の赤潮に関する総合研究報告書，55～158.
9) 岩崎英雄，1971：赤潮鞭毛藻に関する研究—VI．日本海洋学会誌，27（4），152～157.
10) 池田武彦，1971：赤潮プランクトンに関する研究—III．山口県内海水産試験場報告，２，４～９．
11) 本城凡夫，花岡　資，1973：博多湾における赤潮発生機構に関する研究．日本プランクトン学会報，19（2），４～９．
12) 入江春彦，浜島謙太郎，飯塚昭二，森　　勇，1966：1965年夏季大村湾赤潮時の海況とその被害I～IV，長崎大学水産学部研究報告，21，59～129.
13) 岡市友利，1966：1965年に瀬戸内海および周辺水域に発生した赤潮について．香川大学農学部学術報告，18（2），181～185.
14) 羽田良末，1972：広島県沿岸水域の赤潮プランクトン（鞭毛虫類について）．広島県水産試験場，1～28.
15) 尾形英二，松井敏夫，1963：アサクサノリの呼吸に関する研究—II．日水誌，29（11），991～995.
16) 松井敏夫，尾形英二，1962：アサクサノリの光合成と温度，炭酸，光の相互関係および阻害．日本水産学会口頭発表.
17) 尾形英二，1964：各種工場廃水がアサクサノリの光合成におよぼす影響．水処理技術，5（11），9～26.